

# **TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**Fakulta textilní**

**NÁVRH ODĚVŮ S VÝSTRAŽNÝMI PRVKY,  
LUMINISCENČNÍ TISKY**

**DESIGN CLOTH WITH WARNING SIGN,  
LUMINESCENT PRINT**

**Technická Univerzita Liberec**

**Fakulta Textilní**

**akademický rok 2012/2013**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Jméno a příjmení: **Markéta KAŠPAROVÁ**

Studijní program: **N3106 Textilní inženýrství**

Studijní obor: **Textilní a oděvní technologie**

Téma práce: **Návrh oděvů s výstražnými prvky, luminiscenční tisky**

Zásady pro vypracování:

- 1. Zpracujte přehled dosavadních poznatků v oblasti luminiscenčních materiálů a jejich potenciálních aplikací na textiliích**
- 2. Proved'te studii vyhasínání luminiscence s ohledem na dobu expozice**
- 3. Proved'te studii vyhasínání luminiscence s ohledem na spektrální distribuci světelné energie použitého osvětlení**
- 4. Na základě výše uvedených studií navrhnete oděv s luminiscenčními prvky pro běžné odívání**
- 5. Navrhnete další postup**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne. ....

Podpis

## **Poděkování**

Děkuji doc. Ing. Michalu Vikovi Ph.D., Martině Vikové, MSc. Ph.D. a doc. Svatoslavu Krotkému, akad.mal. za konzultace a podporu při práci.

Dále děkuji svým rodičům, přátelům, kamarádům a všem, kteří mi byli nápomocni při zpracování této bakalářské práce. Zejména pak Bc. Jaroslavě Kopecké za její pomoc při zpracování oděvní kolekce a Bc. Janu Šteflovi za podporu při zpracování diplomové práce.

## **Abstrakt**

Zaměření této diplomové práce je aplikace luminiscenčního tisku na textilie.

Teoretická část je zaměřena na zpracování dosavadních poznatků v oblasti luminiscenčních materiálů a jejich potenciální aplikace na textilie.

Poznatky z praktické části byly použity ke zpracování experimentální části. V této části je provedena studie vyhasínání luminiscence s ohledem na dobu expozice, druhu materiálu, spektrální distribuce světelné energie.

Luminiscenční tisk byl na závěr použit k navržení oděvů pro běžné odívání.

## **Abstract**

This diploma thesis is focused on the applicability of a luminescent textile print.

Theoretical part of the work summarizes the actual knowledge of the luminescent materials and their potential applications on textile.

These findings were consequently used in experimental part of the work. We studied and discussed the influence of different factors, e.g. time of exposure, types of material and spectral distribution of light energy.

Finally, the luminescent print was used to design cloth for casual wear.

## **Klíčová slova**

Luminiscence

Luminiscenční pigment

Měření luminiscence

Fosforescence

Fluorescence

## **Key words**

Luminescence

Luminescent pigment

Luminescent measuring

Phosphorescence

Fluorescence

## Obsah

1. Úvod.....	1
Teoretická část .....	2
2. Luminiscence .....	3
2.1. Historie a současnost luminiscence.....	3
2.2. Vznik luminiscence .....	4
2.3. Zhášení luminiscence .....	4
2.4. Luminiscence barviv .....	5
2.5. Luminiscenční děje .....	6
2.5.1. Dělení luminiscenčních dějů podle doby dohasínání luminiscence .....	6
2.5.1.1. Jablonského diagram .....	6
2.5.1.2. Stokesův posun.....	8
2.5.1.3. Fluorescence .....	9
2.5.1.3.1. Charakteristiky fluorescence .....	10
2.5.1.3.2. Intenzita fluorescence .....	10
2.5.1.3.3. Doba života excitovaného stavu .....	10
2.5.1.3.4. Zhášení fluorescence .....	11
2.5.1.3.5. Měřicí zařízení.....	11
2.5.1.3.6. Fluorescenční emisní a excitační spektra .....	12
2.5.1.4. Fosforescence .....	12
2.5.2. Dělení luminiscenčních dějů podle způsobu buzení.....	13
2.5.3. Dělení luminiscenčních dějů podle chemického složení luminoforu .....	13
3. Luminiscenční pigmenty.....	14
3.1. Fluorescenční pigmenty .....	14
3.2. Fosforescenční pigmenty .....	14
Experimentální část.....	16
4. Příprava vzorků.....	17
4.1. Textilie .....	17
5. Pigment.....	21
6. Tisk.....	22
6.1. Inspirace .....	24

6.2.	Vzory pro tisk.....	27
6.2.1.	Chlapecké oblečení .....	28
6.2.2.	Dívčí oblečení .....	30
6.2.3.	Dětské oblečení.....	31
6.2.4.	Dámské oblečení.....	32
6.2.5.	Pánské oblečení.....	33
7.	Měření vyhasínání luminiscence .....	34
7.1.	Použitá zařízení a přístroje .....	34
7.2.	Postup měření.....	35
7.3.	Výsledky měření .....	35
7.3.1.	Reprodukovatelnost měření .....	41
7.3.2.	Základní srovnání dat: .....	43
7.3.3.	Srovnání výsledků.....	50
7.3.3.1.	Srovnání materiálů v závislosti na pigmentu a času.....	50
7.3.3.2.	Srovnání druhů pigmentu na délky osvitů na druh materiálu.....	55
7.3.3.3.	Srovnání doby osvitů na stejný pigment a materiál.....	60
7.3.3.4.	Srovnání druhů osvitů na stejný pigment a materiál po stejný osvětlovací čas .....	65
7.3.3.5.	Srovnání druhů osvitů na stejný pigment a materiál po různý osvětlovací čas .....	67
8.	Závěr .....	70
9.	Seznam použité literatury .....	72
10.	Příloha .....	I
10.1.	Chlapecké oblečení.....	I
10.2.	Dívčí oblečení.....	IV
10.3.	Dětské oblečení .....	VI
10.4.	Dámské oblečení .....	XI
10.5.	Pánské oblečení .....	XIV
10.6.	Výsledky z programu STATISTICA.....	XVI
10.7.	Grafy k výsledkům .....	XXIV



## **1. Úvod**

Diplomová práce bude zaměřena na luminiscenční pigment aplikovaný v oděvní kolekci. Pigment je aplikován pomocí sítotisku. Pro zkoumání byl použit celoplošný tisk. Pro oděvní kolekci byly aplikovány vzory pomocí sítotisku.

Budou zkoumány různé druhy tkanin: hnědá tkanina, zelená tkanina, satén a denim. Na jednotlivé textilie byly nanесeny dva druhy pigmentů. Pigment fosforescenční supersvítivý a pigment červený fosforescenční.

Předmětem diplomové práce bude provedení studie vyhasínání luminiscence s ohledem na dobu expozice.

Druhým předmětem zkoumání je provedení studie vyhasínání luminiscence s ohledem na spektrální distribuci světelné energie použitého osvětlení.

## **Teoretická část**

## 2. Luminiscence

**Luminiscence** je spontánní záření pevných nebo kapalných látek, která vzniká jako přebytek záření tělesa nad úroveň jeho tepelného záření v dané spektrální oblasti při dané teplotě, přitom toto záření má určitou dobu doznívání, tedy trvá i po skončení budícího účinku. [1]



*Obr. 1 Příklad fotoluminiscence na korálu v Západní Papuy, dostupné z [11]*

**Tepelné záření** v obecném smyslu je vyzařování v celém elektromagnetickém spektru. [2]

### 2.1. Historie a současnost luminiscence

Nauka o luminiscenci je vědní obor starý i velmi mladý. Nejstarší zmínky o luminiscenčních látkách (dříve všeobecně nazývány „fosfory“) pocházejí z r. 990, kdy v Japonsku vyráběli z těl ústřic fosforeskující látky, kterými malovali obrazy. Podrobnější záznamy o objevu luminiscence pevných látek pak pocházejí z počátku 17. století. Toto období bylo charakterizováno nesystematickým hromaděním faktů, bylo to období náhodných pozorování, neuspořádaných pokusů a fantastických hypotéz. Ovšem skutečně fyzikální experimentální výzkum vlastností luminiscenčních pochodů nastal až na začátku 20. století. Luminiscenční látky se stávaly důležitými pro rozvoj rentgenové techniky, oscilografie a později i vývojem televizní techniky. Krátce před 2. světovou válkou dosáhly velkého ohlasu v osvětlovací technice. Dodnes však

zůstávají některé teorie luminiscenčních látek neobjasněny. Vývoj prací a fyzikálních výzkumů jsou prezentovány ve sbornících a monografiích z konferencí o luminiscenci pořádané společností UNESCO a Fyzikálním ústavem ČSAV.

Dnes, aniž bychom si to uvědomovali, se s luminiscenčními materiály setkáváme na každém kroku. Ať už jde o elektrotechniku, jako jsou zářivky a televizory v domácnosti, nebo v bezpečnostní osvětlovací technice, kdy jsou za tmy díky odrazu nočních světél zviditelněné výstražné prvky. Zde mluvíme o reflexních prvcích používaných k výstražnému označení na oděvech strážníků, hasičů nebo civilních osob. Dále pak upozorňuje na varovné dopravní značení nebo i únikové východy společenských budov. V neposlední řadě ji nalezneme mezi dětskými hračkami, ať už jako svítící prvky na zdi pokojů, součásti dětských lampiček nebo hraček z tvrzeného plastu. Dále pak luminiscence našla široké využití zejména v optoelektronice (luminiscenční diody, stínítka obrazovek apod.), v lékařství (luminiscenční značky, luminiscenční sondy), v chemii (ke kvantitativnímu a kvalitativnímu určení látek). [8]

## **2.2. Vznik luminiscence**

Luminiscence vzniká excitací atomu působením jiného záření, elektronů apod., a následným návratem atomu do základního stavu, čímž dojde k vyzáření fotonu. Luminiscenci látky lze tedy pozorovat po jejím ozáření jiným zdrojem záření. [1]

Vznik luminiscence předpokládá předcházející absorpci energie v nějaké formě (poměrně libovolné) absorpčním centrem, což je částice nebo soustava částic. V absorpčním centru jsou elektrony převedeny do vyššího energetického stavu. Vyzáření pohlcené energie se děje z luminiscenčního centra, které může a nemusí být totožné s centrem absorpčním. Přitom se elektrony navracejí do základního stavu, což se může dít i postupně. [14]

## **2.3. Zhášení luminiscence**

Termínem zhášení označujeme jev, kdy dochází ke snižování výtěžku luminiscence. Fluorescence organických látek může být zhášena jinými organickými látkami (s volnými p elektrony) nebo anorganickými ionty. Schopnost těchto látek zhášet luminiscenci souvisí s jejich schopností přenášet volné elektrony při srážkách s molekulami v excitovaném stavu. Zhášení může probíhat různými mechanismy:

- Vnitřní konverze – dochází k přechodu excitované molekuly do základního stavu, aniž by emitovala světelné záření. Stává se tak v látkách s volnější strukturou, kde se např. může volně otáčet část molekuly, elektronové hladiny v excitovaném a základním stavu se mohou křížit a elektronová energie se mění ve vibrační.
- Fotolýza – molekula v excitovaném stavu je velmi reaktivní a snadno podléhá různým reakcím za vzniku nových sloučenin. Energie se tedy spotřebovává na tyto reakce. Je-li vlnová délka excitačního záření příliš krátká, může docházet k přetržení vazeb v molekule za vzniku reaktivních radikálů, které mohou vytvářet nové sloučeniny.
- Intermolekulární pochody – jedná se o jev, kdy dochází k neelastickým srážkám excitovaných molekul s molekulami v základním stavu. Elektronová energie molekuly v excitovaném stavu se pak mění ve vibrační energii molekuly v základním stavu, se kterou došlo ke kolizi. Pravděpodobnost srážky roste s rostoucí teplotou, koncentrací a viskozitou.

Zvláštní typ zhášení představuje *fotovybělování* (photobleaching). Od klasického zhášení fluorescence se liší tím, že při něm dochází ke zničení excitovaného fluoroforu. Příčinou je použití velmi silného excitačního záření. Tento jev omezuje používání velmi intenzivní excitace. [13]

## 2.4. Luminiscence barviv

Základním strukturálním prvkem je benzenové jádro. Je zde vztah mezi absorpčním spektrem a strukturou barviva.

Z velikosti síly oscilátoru absorpčního pásu vyplývá, že v molekule osciluje náboj o velikosti, jež je blízká náboji elektronu (dipólový charakter).

Barva molekuly je určena jedním ze dvou faktorů:

1. Počtem zasažených lokalizovaných vazných elektronů světelnou vlnou (tj. délka konjugovaného řetězce a velikosti přeneseného efektivního náboje)
2. Pohyblivostí elektronů (tj. indukovanou polarizací molekuly jako celku)

[25]

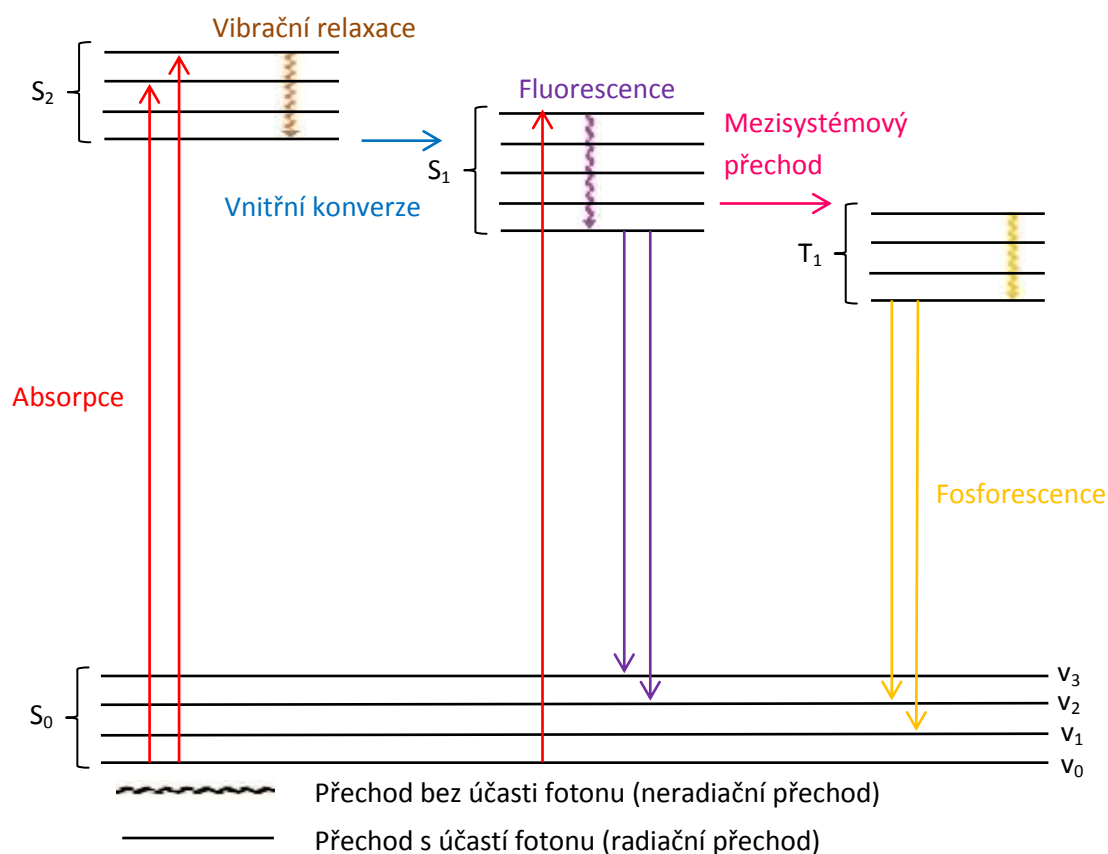
## 2.5. Luminiscenční děje

Luminiscenční děje lze dělit podle několika kritérií, např.:

1. Doby zhašení
2. Způsobu buzení
3. Chemického složení luminoforu

### 2.5.1. Dělení luminiscenčních dějů podle doby dohasínání luminiscence

#### 2.5.1.1. Jablonského diagram



Obr. 2 Jablonského diagram

### Procesy spojené s excitací molekuly

- a) Absorpce
- b) Vibrační relaxace
- c) Vnitřní konverze
- d) Fluorescence
- e) Mezisystémový přechod
- f) Fosforescence
- g) Zpožděná fluorescence

*Absorpce* je zpravidla způsobená přechody vazebných/nevazebných elektronů v molekule do antivazebných molekulových orbitalů. U složitějších molekul se většinou jedná o kombinaci několika přechodů.

U singletního excitovaného stavu ( $S_1$ ) dochází nejpravděpodobněji ke spinově povolenému přechodu. Elektrony mají opačný spin a vysokou intenzitu absorpce.

U tripletového stavu ( $T_1$ ) mají elektrony stejný spin, dochází tedy k zakázanému přechodu. Tento stav poskytuje pásy s nižší intenzitou, energetický rozdíl je tedy menší oproti  $S_1$ .

Po excitaci na jednu z vibračních hladin ( $v_{0-n}$ ) excitovaného stavu ( $S_{1-n}$ ) dochází obvykle k *vibrační relaxaci* na nejnižší vibrační hladinu nejnižšího excitovaného stavu. Tento proces je rychlý, řádově  $10^{-14} - 10^{-12}$  s.

*Vnitřní konverze* je přechod mezi nejnižší excitovanou hladinou ( $S_1$ ) na nejvyšší vibrační hladinu nejnižší singletové hladiny ( $S_0$ ). U tohoto děje může docházet ke dvěma dějům:

- a) Vibrační hladiny  $S_0$  sahají až k vibračním hladinám  $S_1$ . Elektron tak může přejít z  $S_0$  do  $S_1$  bez výrazné změny energie.
- b) Vibrační hladiny  $S_0$  a  $S_1$  jsou blízko sebe a za určitých okolností může elektron přejít do tzv. tunelového efektu. Pravděpodobnost se zvyšuje se zvětšující se vzdáleností.

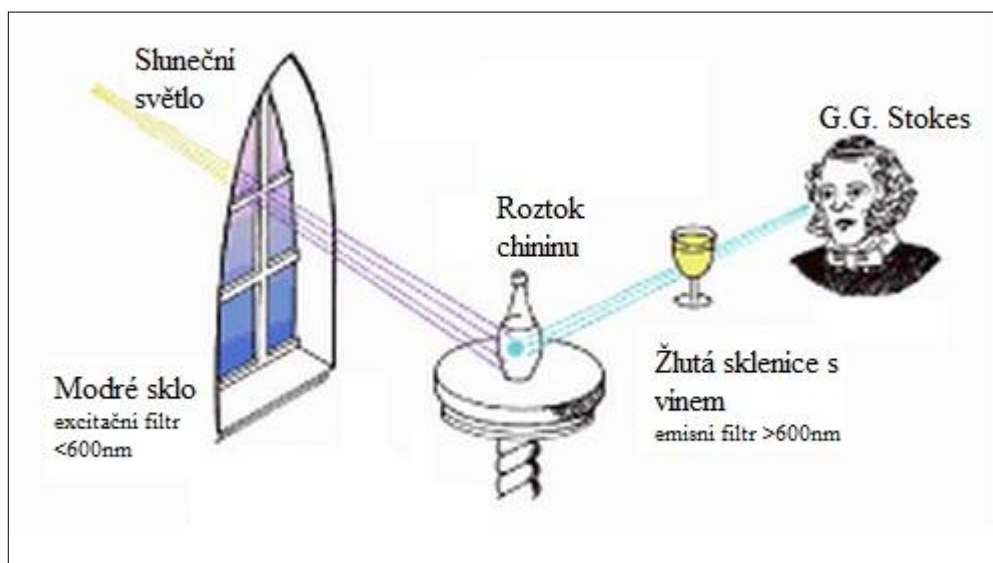
*Mezisystémový přechod* z  $S_1$  do  $T_1$  se děje podobným mechanismem jako je vnitřní konverze. Při tomto procesu dochází ke změně spinu elektronu a je to

tzv. spinově zakázaný přechod, který trvá  $\sim 10^{-8}$ s. Zatím co spinově povolené vibrační procesy trvají  $\sim 10^{-14}$ s.

*Zpožděná fluorescence* se vyznačuje stejnou dobou vyhasínání jako při fosforescenci a stejnou vlnovou délkou jako u fluorescence. Jde o termální excitaci molekuly z nejnižší hladiny tripletového stavu zpět na nejnižší hladinu excitovaného singletového stavu – jedná se o reverzibilní mezisystémový přechod mezi  $T_1$  a  $S_1$ . K fluorescence dochází po návratu na  $S_1$ . Mezisystémový přechod způsobuje zpomalení celého děje, proto čas je mnohem delší než u fluorescence.

### 2.5.1.2. Stokesův posun

V roce 1852 univerzitní profesor Sir George Gabriel Stokes sledoval průchod slunečního světla přes okenní tabuli do nádoby s roztokem chininu. Přes sklenici vína pozoroval okem, jak se z ultrafialového světla stává viditelné světlo (viz obr.2.). [18]

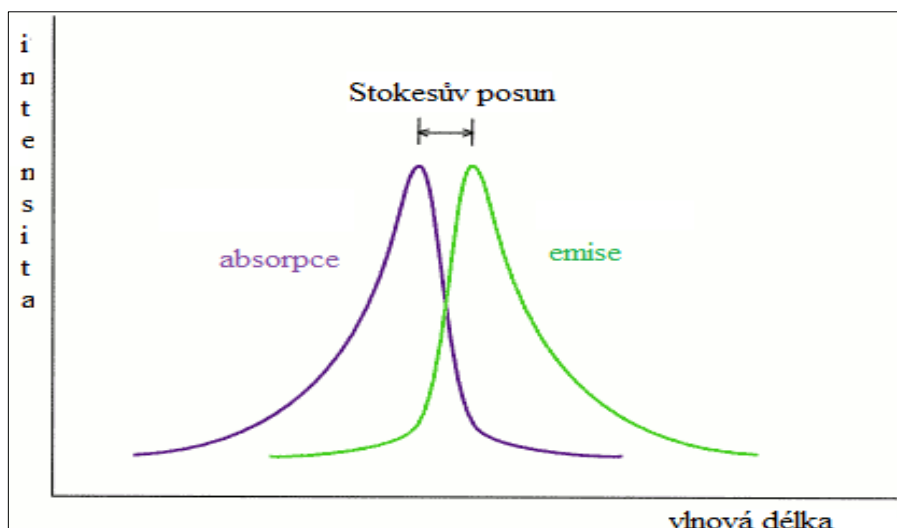


Obr. 3 Stokesův pokus dle [18]

Po tomto pokusu Stokes definoval zákon, který je znám pod názvem Stokesův posun. Stokesův zákon hovoří o tom, jak se změní energie fotonu absorbovaného oproti fotonu, který vyzáří fluorofor při přechodu z excitovaného stavu do základního stavu.

Rozdíl mezi energií fotonů absorbovaných a vyzářených je charakteristický pro každou molekulu a nazývá se Stokesův posun: vlnová délka fluorescenčního záření je větší než vlnová délka absorpčního záření. [18]





Obr. 4 Stokesův posun dle [37]

Tyto ztráty jsou vyvolané nezářivými procesy (relaxací vibrační energie a vnitřní konverzí), jestliže se molekula nachází v excitovaném stavu. Tento druh relaxace je známý jako Kashovo pravidlo. Proto emise nastane ze stavu  $S_1$ .

Výjimky ze zrcadlové symetrie absorpčního a emisního spektra jsou obvykle důsledkem rozdílného geometrického uspořádání atomových jader v excitovaném stavu oproti uspořádání ve stavu základním. Výjimky tvoří i molekuly s citlivostí na různé pH.

Mezi výjimky patří i biochemické fluorofory, např. fenol a tyrosin. U těchto látek závisí na koncentraci. [18]

Šířka emisního spektra je závislá na teplotě, čím vyšší teplota, tím širší bude emisní spektrum a naopak. [19]

### 2.5.1.3. Fluorescence

Fluorescence je fyzikálně chemický děj, který je typem luminiscence. Fluorescence patří mezi fotoluminiscenční záření, které je vyvoláno buď účinkem jiného dopadajícího záření, nebo účinkem dopadajících částic. [12]

Fluorescence je přechod anti-vazebných molekulárních orbitalů na vazebné molekulární orbitály, vyskytují se v nasycených vazbách. Pro značnou energetickou náročnost absorbují záření v kratších vlnových délkách než 200nm. U nasycených molekul mohou vznikat anti-vazebné excitované stavy u jednoho z nevazebných elektronů.

Fluorescence je spojena s vazebným elektronovým systémem nenasyčených molekul. [25]

#### 2.5.1.3.1. Charakteristiky fluorescence

Hlavní charakteristiky fluorescence jsou:

1. Intenzita – počet fotonů procházejících v daném směru jednotkovou plochou za jednotku času
2. Spektrální složení – spektrální hustota fotonového toku na jednotkový interval vlnových délek nebo frekvencí
3. Polarizace – směr kmitání elektrického vektoru elektromagnetické vlny
4. Doba dohasínání – je daná vnitřní dobou života excitovaného stavu, z něhož dochází k emisi, úzce souvisí s pochody vedoucí k nezářivé deaktivaci tohoto stavu
5. Koherenční vlastnosti – vztahy mezi fázemi světelných vln [9]

#### 2.5.1.3.2. Intenzita fluorescence

Intenzita fluorescence je úměrná intenzitě absorpce násobené kvantovým výtěžkem fluorescence. Jestliže fluorescenci měříme pod „magickými“ úhly ke směru excitačního paprsku, potom není její intenzita ovlivněna případnou závislostí určité veličiny na volbě směru (anizotropie) emise systému. Při použití citlivých fotonásobičů pro detekci fluorescenčního záření a při buzení intenzivním světlem lze detekovat koncentrace rozpuštěných látek, jež je o čtyři řády více citlivý než pro absorpční měření. Protože kvantový výtěžek fluorescence roztok složitých molekul je obvykle nezávislý na vlnové délce budícího záření, je excitační spektrum fluorescence zředěných roztoků přesnou replikou jejich absorpčního spektra a lze tak spektrofotometricky získat absorpční spektrum fluoreskující látky při daleko nižších koncentracích, než při přímém měření absorpce na spektrofotometru. [9]

#### 2.5.1.3.3. Doba života excitovaného stavu

Doba života excitovaného stavu ( $\tau$ ) je určena průměrným časem, který molekula stráví v excitovaném stavu před návratem do základního stavu. Lze ji vyjádřit vztahem:

$$\tau = \frac{1}{k_e}$$

*Rovnice 1:  $\tau$  - doba života excitovaného stavu,  $k_e$  – rychlostní konstanta poklesu emise*

Obecně je doba života fluorescence kolem  $10^{-8}$  s. Při jednoduchém exponenciálním dohasínání se 63% molekul vrátí do základního stavu v čase  $t < \tau$  a 37% v čase  $t > \tau$ .

Doba života fluoroforu za nepřítomnosti neradiačních zhášecích procesů se nazývá vnitřní (též přirozená, radiační) doba života ( $\tau_n$ ). Vnitřní dobu života lze v principu spočítat z absorpčního spektra, extinkčního koeficientu a fluorescenčního spektra. Za určitých podmínek lze vnitřní dobu života spočítat také jako poměr změřené doby života a kvantového výtěžku fluorescence. [10]

#### **2.5.1.3.4. Zhášení fluorescence**

Zhášení fluorescence lze definovat jako bimolekulární proces, který snižuje kvantový výtěžek fluorescence beze změny fluorescenčního emisního spektra. Může být důsledkem různých procesů. Srážkové (dynamické) zhášení nastává, když je fluorofor v excitovaném stavu deaktivován (tj. navrací se nezářivě do základního stavu) při srážce s molekulou zhášedla. Molekuly nejsou při tomto procesu chemicky změněny na rozdíl od statického zhášení, kdy se po kontaktu fluoroforu a zhášedla vytváří nefluorescenční komplex. Samo-zhášení je zhášení fluoroforu jím samotným; nastává při jeho vysokých koncentracích nebo při vysoké hustotě značení. [12]

#### **2.5.1.3.5. Měřicí zařízení**

Přístroje, které jsou založené na měření fluorescence, se rozdělují do čtyř typů:

1. Spektrofluorimetry – měří střední signál celého vzorku umístěného obvykle v kyvetě nebo v jamce mikrodestičky
2. Fluorescenční mikroskopy – umožňují pozorovat fluorescenci dvojrozměrných nebo trojrozměrných mikroskopických objektů. Využití fluorescence v mikroskopii se stalo základem právě fluorescenční

mikroskopie, která nachází široké uplatnění zejména v medicíně a v oblasti přírodních věd.

3. Fluorescenční skenery – měří fluorescenci dvojrozměrných makroskopických objektů (elektroforetické gely,...) [12]

#### **2.5.1.3.6. Fluorescenční emisní a excitační spektra**

Excitační spektrum je závislost intenzity fluorescence na vlnové délce excitačního záření při konstantní vlnové délce emitovaného záření. Emisní spektrum je závislost intenzity fluorescence na vlnové délce emitovaného záření při konstantní vlnové délce excitačního záření. Pokud je ve vzorku více fluorescenčních látek a ty spolu nereagují, emisní a excitační spektra jednotlivých látek se sčítají (princip aditivity spekter). [13]

#### **2.5.1.4. Fosforescence**

Fosforescence je spinově zakázaný přechod, při přechodu na základní hladinu musí být dodržen Pauliho vylučovací princip, elektron tedy musí změnit spin. [15]

Fosforescence je jev, kdy elektrony přejdou tzv. interkombinační konverzí z nejnižší vibrační hladiny excitovaného singletového stavu  $S_1$  na vyšší vibrační hladinu excitovaného tripletového stavu  $T_1$  (má obecně nižší energii než excitovaný singletový stav). Pak se v molekule nachází dva elektrony se stejným spinem. Molekula má nadbytek vibrační energie a přejde nezářivým přechodem na nejnižší tedy základní vibrační hladinu excitovaného tripletového stavu. Daný stav má relativně dlouhou dobu života, a aby mohl elektron přejít na jednu z vibračních hladin základního stavu, musí dojít ke změně spinu, což je málo pravděpodobné. Nízká pravděpodobnost tohoto jevu je důvodem delší doby dosvitu než u fluorescence. U fosforescence se zvyšuje pravděpodobnost, že elektron přejde do základního stavu nezářivým přechodem. Proto se při pozorování fosforescence často pracuje za nízké teploty (minimum kinetické energie v systému a menší pravděpodobnost srážek částic). [13]

Fosforescenční emisní spektra (přechod  $T_1 \rightarrow S_0$ ) jsou oproti fluorescenčním emisním spektrům (přechod  $S_1 \rightarrow S_0$ ) posunuta k delším vlnovým délkám, a to z důvodu menší energetické rozdílnosti hladin  $T_1$  a  $S_0$ . [15]

### 2.5.2. Dělení luminiscenčních dějů podle způsobu buzení

Ke vzniku luminiscence je třeba dodat látce energii v libovolné podobě, kromě energie tepelné. Podle druhu energie, která se přeměňuje na „studené světlo“, rozlišujeme několik druhů luminiscence:

1. Fotoluminiscence - potřebná energie je dodávána v podobě světelného nebo ultrafialového záření;
2. Elektroluminiscence - energie je dodávána v podobě elektrického pole nebo elektrického proudu;
3. Katodoluminiscence - vyvolána dopadem svazku elektronů na obrazovku televizoru;
4. Radioluminiscence - vyvolána radioaktivním zářením;
5. Sonoluminiscence - vyvolána dopadem ultrazvuku;
6. Triboluminiscenci - vyvolána mechanickou deformací tělesa;
7. Chemiluminiscence, bioluminiscence - dodávaná energie má svůj původ v chemických a biologických procesech probíhajících v živé hmotě; [6]
8. Termoluminiscence - luminiscence je vyvolána změnou teploty po předchozím dodání energie. [1]

### 2.5.3. Dělení luminiscenčních dějů podle chemického složení luminoforu

Chemické složení luminoforu můžeme dělit:

#### A. Anorganické luminofony

##### a. Krystalické

- Sulfidy (vzácné zeminy, zinku, kadmia,...)
- Wolframany
- Silikáty
- Halofosfáty

##### b. Amorfní

- Skla (vzácné zeminy)

## B. Organické luminofory

### a. Krystalické i amorfní

- Cyklické deriváty (antracény)
- Heterocyklické deriváty
  - Barviva
  - Biologicky účinné látky (chlorofyl)

[29]

## 3. Luminiscenční pigmenty

Luminiscenční pigmenty patří do skupiny barviv se speciálními vlastnostmi, lze je charakterizovat jako sloučeniny měnící barvu v závislosti na vnější podnět. Tyto pigmenty pohlcují foton a následně jej vyzařují. V souladu se Stokesovým posuvovým zákonem je energie vyzařovaného fotonu menší než fotonu přijatého. Zbytek energie je v podobě tepla předán do okolí. Výjimku tvoří pigmenty absorbující infračervené světlo a emitují jej do viditelné oblasti.

Tedy světélkování způsobené chemickými pochody u fluorescence a fosforescence pigmentů je založena na přeměně záření krátkých vln na delší, tj. neviditelných vln na viditelné.

Speciálním případem jsou „samosvítivé“ (radioluminiscenční) pigmenty. Dlouho byl užíván ZnS s velmi malou příměsí solí radioaktivních kovů, nejčastěji thoria. Tyto pigmenty bez předchozího ozařování světélkují bledě zeleným světlem.[28]

### 3.1. Fluorescenční pigmenty

Fluorescence je světélkování bez pohlcení energie – látka vyzařuje viditelné paprsky jen tak dlouho, jak je sama ozařována. Tato vlastnost je známa u řady minerálů. Jako pigmenty a barviva se většinou využívají organické látky. [28]

### 3.2. Fosforescenční pigmenty

Fosforescence je světélkování charakterizované dozařováním projevuje se tím, že látka vyzařuje viditelné paprsky ještě určitou dobu po ukončení svého ozařování. Tato akumulace pohlcené energie je emitována vlivem vnitřního napětí mezi atomy kovů v krystalické mřížce sulfidu, jež vzniká prudkým ochlazením jejich taveniny.

Tento předpoklad potvrzuje skutečnost, že světélkují jen ty pigmenty, které byly takto připraveny. Ozařováním se toto napětí uvolňuje a atomy se dostanou do pohybu spojeného s vyzařováním, které trvá ještě delší čas po skončení ozařování, až do doby spotřebování energie.

Luminiscenční pigmenty se většinou skládají z:

1. Luminiscenčního základu (sulfidy Ba, Ca, Sr, Zn, Mg a Cd)
2. Tavidla – jsou různé sodné a draselné soli, které napomáhají kryptokrystalickému stavu taveniny ve formě tuhého roztoku s velkým vnitřním napětím
3. Aktivátoru – neboli fosforogen aktivující přeměnu záření. Aktivátorem bývá stopová příměs některých kovů, např. Cu, Co, Zn, Bi, Mn, Au a Ag. Funkce aktivátoru se vysvětluje buzením elektronového rozkmitání mezi jeho atomy a atomy síry.

Každý luminiscenční základ má jiné charakteristické zbarvení svého záření. Barva světélkování se však mění podle použitého aktivátoru.

Fosforeskující pigmenty se připravují dvojím způsobem:

1. Sulfidy, hlavně zinečnatý a kademnatý, se taví s přísadou NaCl nebo BaCl<sub>2</sub> jako tavidla s fosforogenem, jímž je např. Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, při teplotě 1100°C po dobu až dvou hodin. Tavenina se pak zchladí vodou, aby se rozpadla. Následně se promývá a suší.
2. Oxidy nebo uhličitany Ca, Sr, Ba, Mg se žíhají ve směsi se sírou s přísadou fosforečnanů, fluoridů nebo síranů sodných nebo draselných jako tavidla a se solemi kovů nebo vzácných prvků jako fosforogenem, Redukční žíhání se provádí při teplotě až 1000°C po dobu až 30minut. Houbovitá tavenina se po prudkém ochlazení jen opatrně čistí bez pomoci vody, která tyto sulfidy rozkládá.







## **Experimentální část**

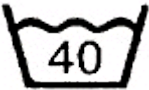












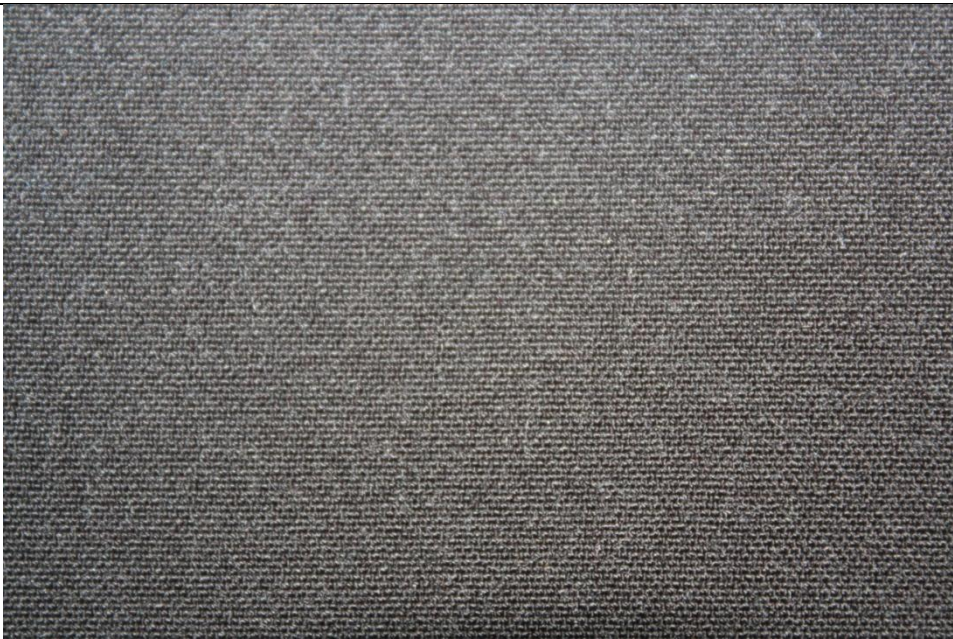
#### 4. Příprava vzorků

Textilie, které byly zvoleny pro potiskování luminiscenčním pigmentem, jsou různých druhů a materiálů. Vzorky jsou voleny s ohledem na výslednou kolekci a rozmanitost.







##### 4.1. Textilie

Název	Zelená tkanina
Materiál	Tkanina
Složení	100% bavlna
Barva	Zelená
Plošná hmotnost	141g/m <sup>2</sup>
Vazba	Plátňová
Dostava	Útek – 220nití/10cm Osnova – 260nití/10cm Celková – 572nití/1m <sup>2</sup>
Symbole údržby	    
Vzorek	

Název	Denim
Materiál	Tkanina
Složení	100% bavlna
Barva	Modrá, žíhaná
Plošná hmotnost	240g/m <sup>2</sup>
Vazba	Plátňová
Dostava	Útek – 130nití/10cm Osnova – 150nití/10cm Celková – 195nití/1m <sup>2</sup>
Symbole údržby	    
Vzorek	

Název	Kostýmovka, Hnědá tkanina
Materiál	Tkanina
Složení	32% Viskóza 5% Spandex 63% Polyester
Barva	Hnědá
Plošná hmotnost	180g/m <sup>2</sup>
Vazba	Plátnová
Dostava	Útek – 250nití/10cm Osnova – 300nití/10cm Celková – 750nití/1m <sup>2</sup>
Symbole údržby	    
Vzorek	



Název	Satén
Materiál	Tkanina
Složení	100% Polyester
Barva	Hnědá
Plošná hmotnost	105g/m <sup>2</sup>
Vazba	Atlasová
Dostava	Útek – 310nití/10cm Osnova – 360nití/10cm Celková – 1 116nití/1m <sup>2</sup>
Symbole údržby	    
Vzorek	

## 5. Pigment

K této práci byly použity pigmenty od firmy Shandong Lunbo Luminous Products Co.,Ltd.,.

Firma uvádí: fosforescenční pigment je světle žlutý prášek, který se změnil na zelenou barvu poté, co byl nasvícen světlem. Čím menší je velikost částic, tím nižší má svítivost. V porovnání s jinými pigmenty, se fosforescenční pigment používá v mnoha oblastech. Má vysokou počáteční svítivost, dlouhou dobu dosvitu (test podle normy DIN67510, jeho dosvit čas 10000 minut). Jeho světlo je odolné proti stárnutí a nese určitou chemickou stabilitu (více než 10 let života).

Jedná se o nový typ ekologického fosforescenčního pigmentu bez známek toxicity, radioaktivity, hořlavosti a výbušnosti. Proto tyto pigmenty mohou být použity pro mnoho průhledných nebo průsvitných médií, jako jsou plasty, barvy, glazury, sklo, tisk nebo na výrobu světelných produktů. Může být používán pro nouzové značení, spínače, smalt štítky, dopravní značky, hračky, ruční práce, hodiny, metr panelů, textilní, vybavení hasičů a armády atd.“ [34]

Fosforescenční směs Permalight se skládá ze sulfidu zinečnatého (ZnS). Tato směs odolává vodě a alkalickým roztokům. Působí-li ultrafialové paprsky a vlhkost současně; může to vést k tzv. šednutí, tzn. srážení zinku na povrch krystalů. Krystalový pigment je proto opatřen ochranným povlakem. Teplotám nad 600°C je možno odolat po krátkou dobu, proto je použita technika zpracování obsahující značné množství tepla. Následné zpracování fotoluminiscenční směsi, která je dodávána a skladována v ochranných obalech, poskytuje okamžitou ochranu proti chemickým a fyzickým účinkům.

Dlouhodobosvitná (supersvítivá) fosforescenční směs je známa pro svůj jas a dobu fosforescence. Po překvapivě krátké stimulační době klesá svítivý účinek stále pomaleji s časem. Fosforescenční směs Permalight nemá radioaktivní přísady a je toxikologicky neškodná. Fosforescenční účinek Permalightové směsi leží v žluto-zelené části spektra v bodě, ve kterém je oko nejcitlivější po nejdelší čas v naprosté tmě.

Žlutavě zelený fosforescenční účinek Permalightových pigmentů umožňuje lidskému oku přizpůsobit maximální citlivost k rozpoznání velmi jemných nebo bledých kontur.

Hustota se pohybuje přibližně okolo 3.4g/cm<sup>3</sup>. [34]

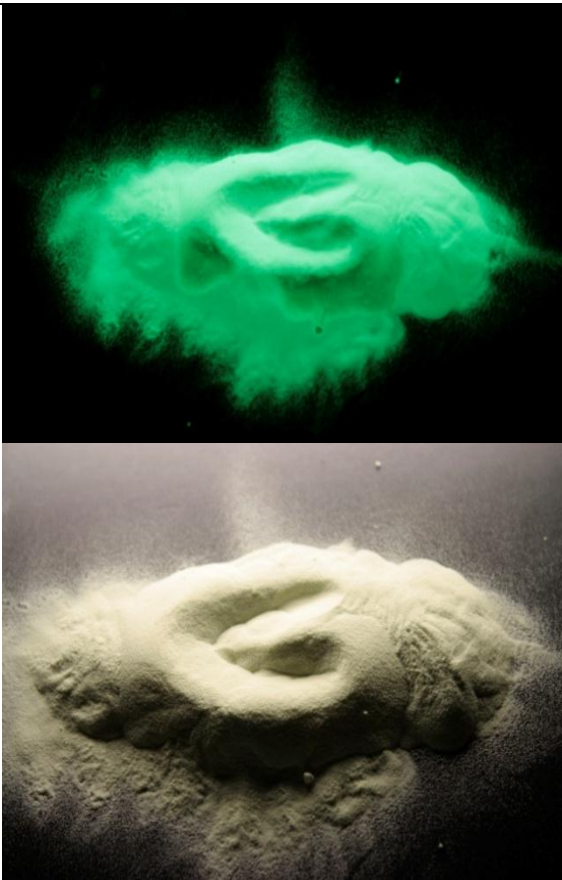
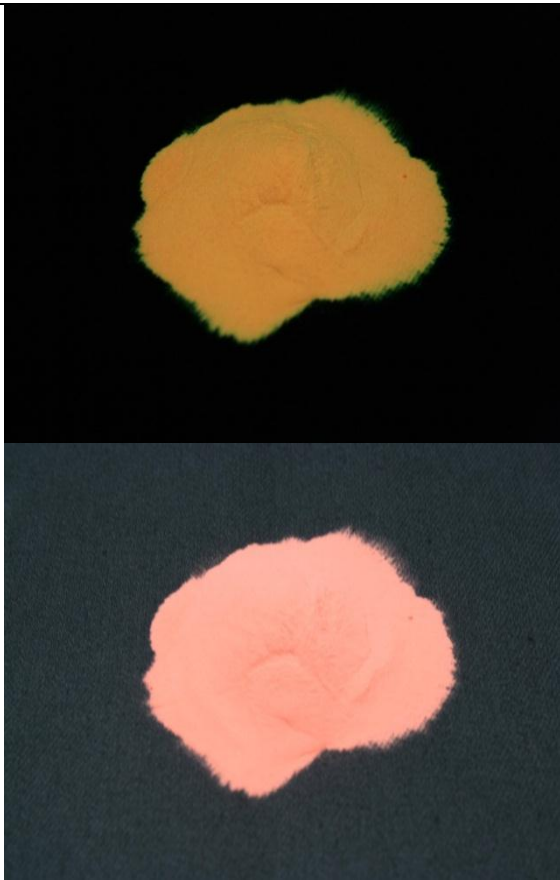
## 6. Tisk

Pro aplikaci vzoru na textilií byl použit sítotisk.

Tiskací pasta pro pigmentový tisk obsahuje pigment, pojidlo, zahušťovadlo a další přísady.

Do záhustky byl přidán fosforescenční pigment. Na jeden kilogram záhustky bylo přidáno 75g pigmentu. Koncentraci pigmentu v tiskací pastě jsme volili s ohledem na finanční náklady při pořizování fosforescenčního pigmentu.

Byly použity dva druhy pigmentů: supersvítivý fosforescenční pigment a červený fosforescenční pigment. Jejichž surový stav je možné vidět v tabulce 1.

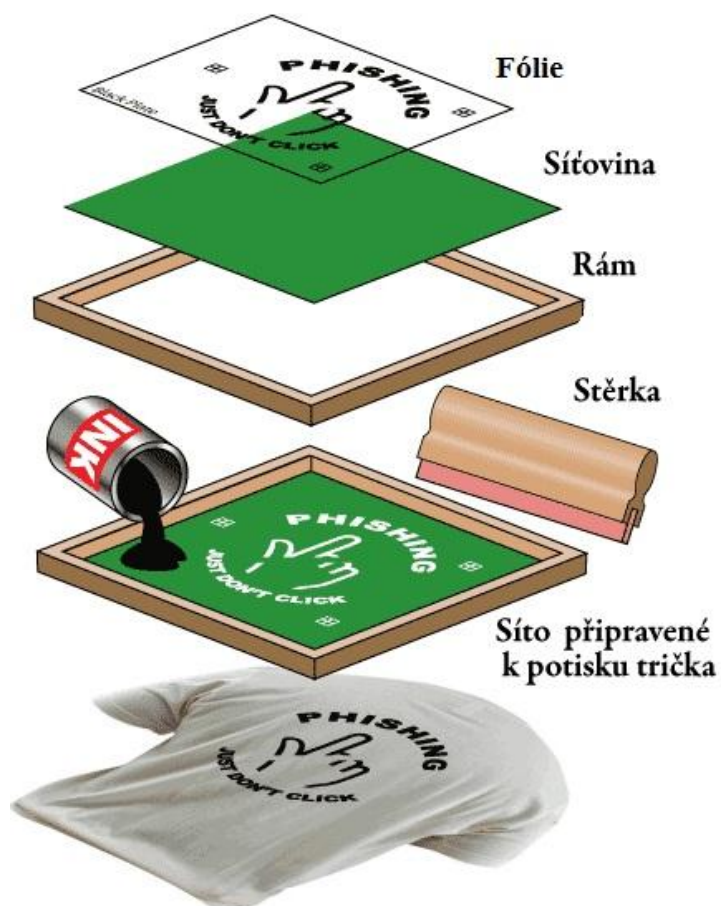
Supersvítivý pigment	Červený pigment
	

*Tabulka 1 Ukázka pigmentu supersvítivého a červeného, při běžném osvětlení a za tmy*

Sítotisk byl zhotoven za pomoci síta, na které byla připevněna lepicí folii. Do fólie byl vyřezán pomocí plotru vzor pro tisk.

Na testovací vzorky byl použitý celoplošný sítotisk. Na jeden druh textilie byly použity oba druhy tiskacích past.

Na obrázku 5 je vidět postup pro přípravu sítotisku vzoru.



*Obr. 5 Princip sítotisku z [35]*

Po nanesení příslušného pigmentu na jednotlivé textilie, proběhlo zasušení pigmentu. Textilie se nechali volně pověšené viset. Po vysušení byly tisky zažehleny.

Velké vzory byly zažehleny pomocí žehličky nastavené na 150°C, po dobu pěti minut. V případě saténu bylo nutné použít nižší teploty na žehličce z důvodu tavení materiálu.

Malé vzory byly zažehleny pomocí lisu, který byl nastaven na teplotu 150°C po dobu patnácti sekund.

Textilie byly dle normy ČSN EN ISO 15797 vyprány a následně volně usušeny.

### **Cenová rozvaha**

V tabulce 2 uvedené níže je srovnání přibližné ceny pigmentu, při nákupu určitého množství pigmentu. Dále je uvedena cena za jeden gram pigmentu. V posledním sloupci je cena pigmentu, který byl použit do jednoho kilogramu tiskací pasty.

g	Kč	Kč/g	Kč/75g
100	1360	13,60	1020
1000	4300	4,30	322,50
3000	12800	4,27	320
26800	67470	2,52	188,82

*Tabulka 2 Srovnání ceny nákupu pigmentu*

Z tabulky 2 lze vyčíst, že čím větší množství pigmentu je nakoupeno, tím je cena nižší. Rozdíl mezi nákupem padesáti liber a sto gramy je přibližně 830Kč.

Na potištěné textilii ulpělo přibližně 80g tiskací pasty na m<sup>2</sup>. Celá tiskací pasta měla váhu 1075g, z čehož bylo 75g pigmentu.

$$\begin{array}{r}
 1075\text{g} \dots\dots\dots 75\text{ g} \\
 \underline{80\text{g} \dots\dots\dots x\text{ g}} \\
 x = 5,6\text{ g}
 \end{array}$$

Na potisk jednoho metru čtverečního bylo použito tedy 5,6 g pigmentu.

Cena pigmentu na potisk jednoho metru čtverečního činí od 14kč do 76kč, v závislosti na množství kupovaného pigmentu.

## 6.1. Inspirace

Inspirací pro vzory byly hledány v japonském umění a japonských zahradách.

Pro dívčí vzor byla inspirací kvetoucí zahrada, zejména květem vyobrazeným na obr.25 Především pak drobné kvítky stromu sakury a liriopie. Dětský vzor byl inspirován jezírkem, ve kterém nejčastěji plavou ryby všech velikostí i barev. Dospělá kolekce je potištěna vzorem, jenž byl inspirován vnitřní stavbou květu lonicera, viz obr.24. Vzor na kimonu je inspirací tisku chlapeckých kalhot. Pro potisk trička byl vybrán motiv loga Magic the Gathering. Toto logo bylo vybráno na základě poznatků o kartách a o hře samotné.





*Obr. 6 Květ rostliny Lonicera japonica z [36]*



*Obr. 7 Květ rostliny Liriope muscari z [37]*



*Obr. 8 Květ rostliny Padus serrulata z [38]*



*Obr. 9 Vzor z kimona*



*Obr. 10 Logo karetní hry Magic the Gathering z [40]*



*Obr. 11 Rybičky v jezírku z [41]*

Vzory jsou zjednodušené pro sítotisk, zejména, aby se usnadnila práce s vyřezáváním na plotru, a také bylo dosaženo co nejvíce potištěné plochy textilie.

Vzory jsou umístěné tak, aby v případě tmy mohl vzor dát najevo řidiči, že na vozovce se pohybuje člověk a tomu přizpůsobit svoji jízdu. Proto jsou vzory umístěné nejen v přední části oděvu, ale i na zadní.

Kolekce obsahuje velmi lehké a základní střihy oděvů, z důvodu jejich použitelnosti při seriové výrobě. Jedná se pouze o nástin toho, jak lze využít tento způsob tisku a druhu pigmentu v praxi. Oděvy jsou navrženy tak, aby bylo vidět, že tato metoda potiskování je vhodná pro široké spektrum textilií a široké spektrum užití. Z tohoto pohledu jsou vzory užity na oděvech společenských a volnočasových.

V případě použití i jiných vzorů lze využít i celoplošný tisk na oděvu. Příkladem by mohl být oblek, na němž by byl aplikován tento pigment ve formě proužku. Pro tento příklad by byl hodný tisk pomocí tiskárny, která by aplikovala vzor, případně pigment aplikovat na přízi a tu rovnou vtkát do textilie. Nevýhodou a taky důvodem, proč nebyl použit pro tento způsob aplikace, je nestejněměrná velikost pigmentových zrn, čímž by mohlo dojít k ucpaní trysek, znehodnocení nejen tiskací hlavičky, ale i celé tiskárny a také materiálu. Zajímavým způsobem aplikace by byl i přenosový tisk, o tom se při zhotovování práce neuvažovalo a mohlo by být předmětem další práce.

Z výše uvedeného důvodu je v kategorii pánské konfekce vytvořena pouze kravata, kterou muži nosí i s výraznějšími vzory. Tento vzor byl shledán, po konzultaci s muži nosícími často oblek, jako výrazný na to, aby byl použit pro jiné části obleku.

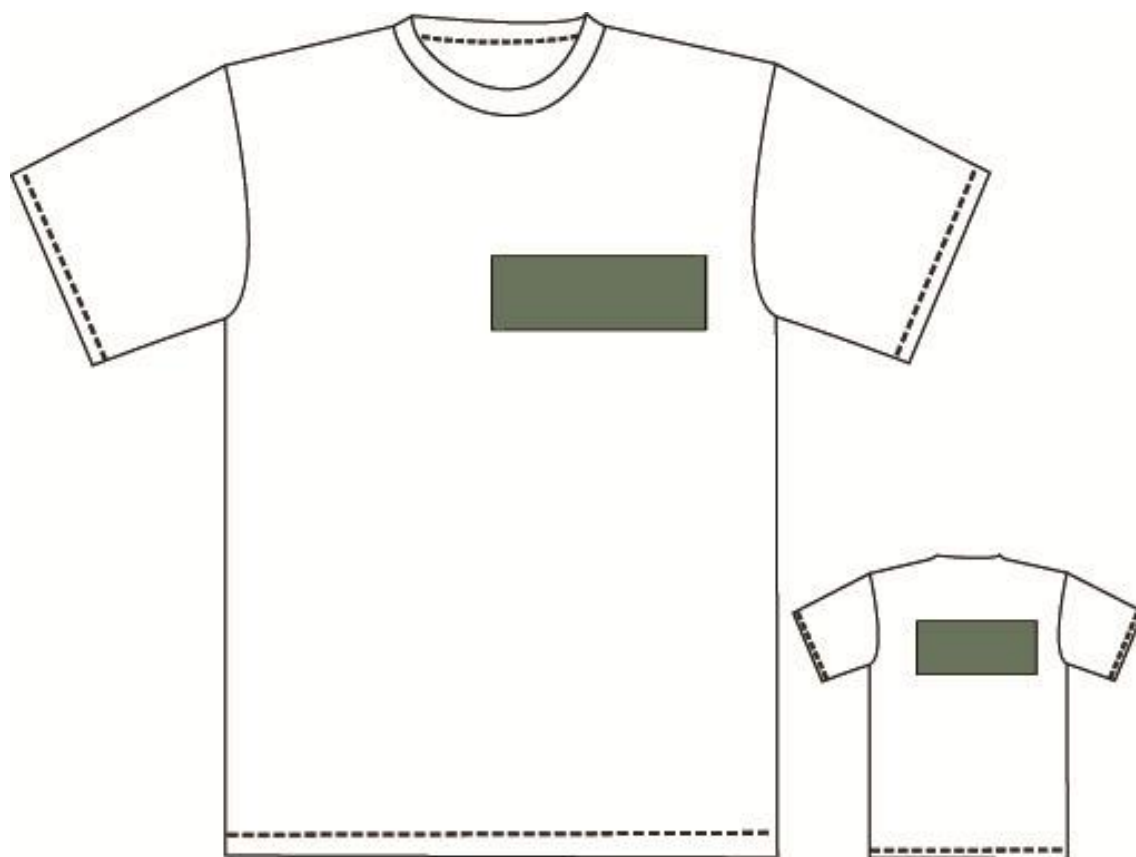
## **6.2. Vzory pro tisk**

V této kapitole jsou uvedeny technické nákresy jednotlivých modelů. Na jednotlivých modelech je naznačeno umístění jednotlivých vzorů. V příloze jsou umístěny fotografie vyhotovené kolekce.

Je zde možné vidět nákres tisku a výsledný tisk na textilií, jež je nafocena na světle a za tmy.

Umístění vzoru je voleno s ohledem na bezpečnost v podmínkách provozu na silnici a proveditelnosti v masové výrobě. Inspirace pro umístění vzoru je čerpána z normy ČSN EN 471+a1, která určuje umístění výstražných prvků u výstražných oděvů s vysokou viditelností pro profesionální použití.

### 6.2.1. Chlapecké oblečení



*Obr. 12 Technický nákres chlapeckého trička*

Použitý vzor:

**MAGIC**

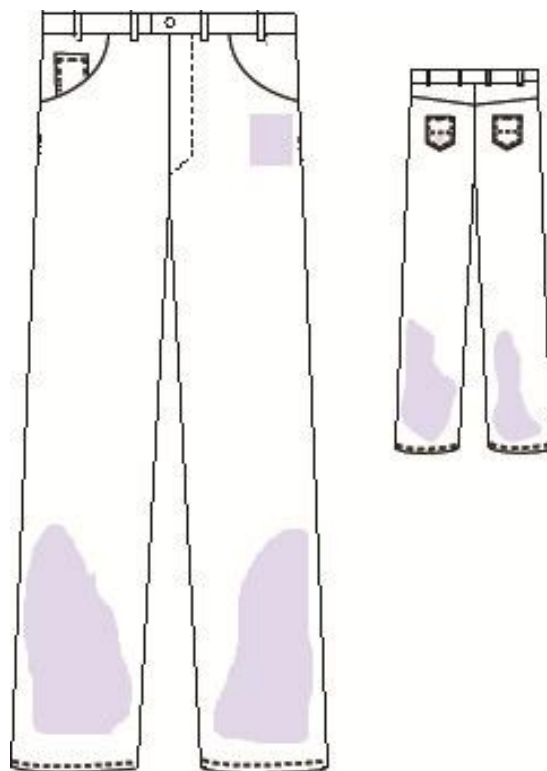
*Obr. 13 Nákres použitého vzoru*

Výsledný vzor



*Obr. 14 Potisk chlapeckého trička za světla a ve tmě*





*Obr. 15 Technický náčrt chlapeckých kalhot*

Použitý vzor



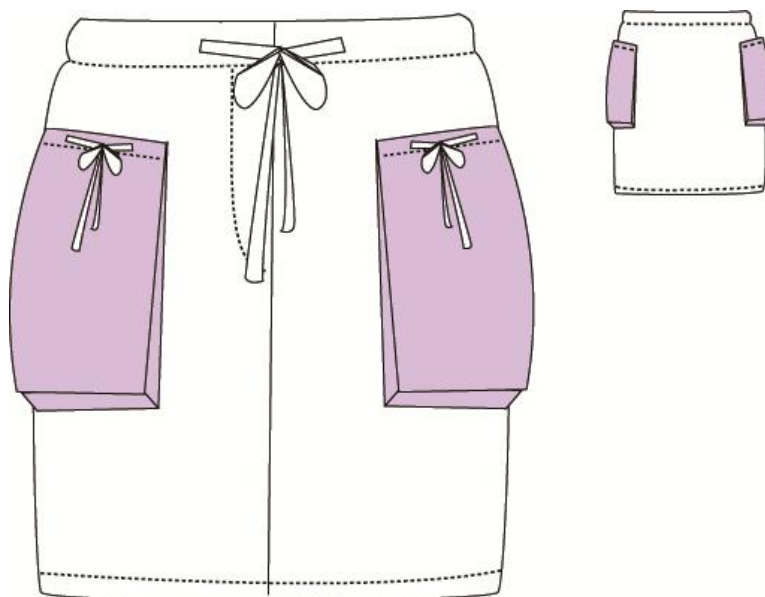
*Obr. 16 Náčrt potisku chlapeckých kalhot*

Výsledný vzor



*Obr. 17 Potisk chlapeckých kalhot za světla a za tmy*

### 6.2.2. Dívčí oblečení



*Obr. 18 Technický nákres dívčí sukně*

Použitý vzor



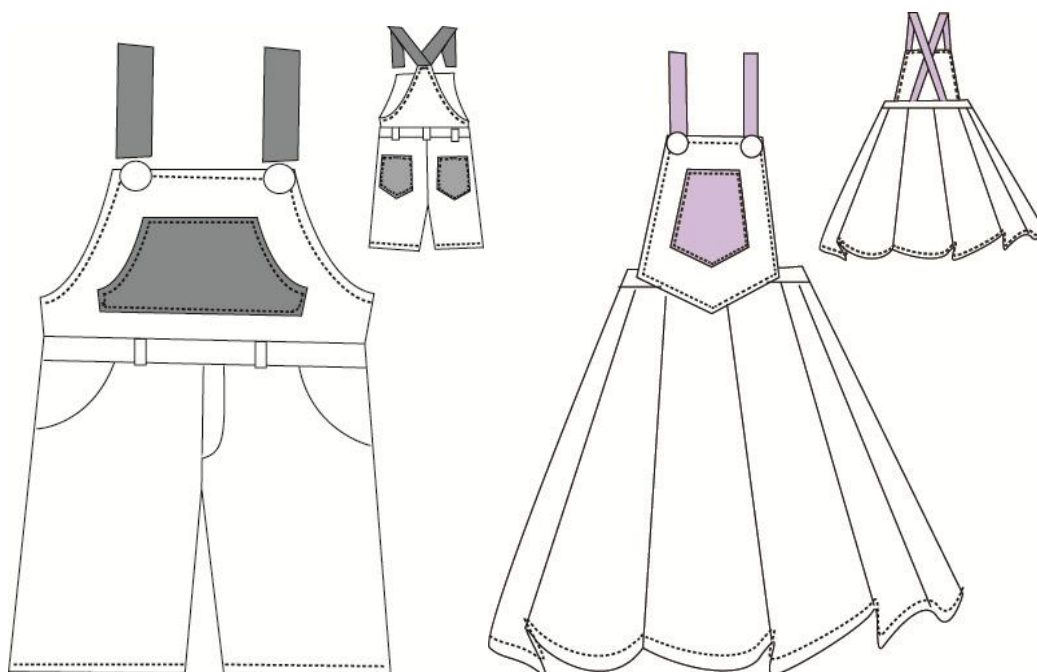
*Obr. 19 Nákres potisku dívčí sukně*

Výsledný vzor



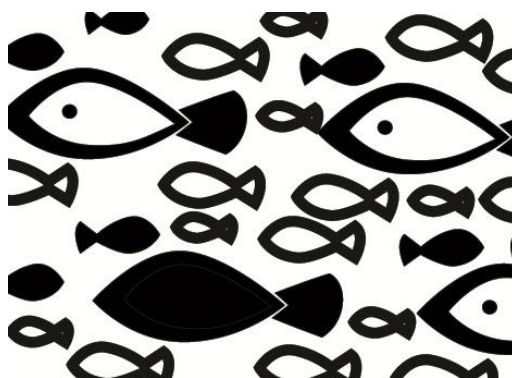
*Obr. 20 Výsledný potisk dívčí sukně za světla a za tmy*

### 6.2.3. Dětské oblečení



*Obr. 21 Technický náčrt dětské kolekce*

Použitý vzor:



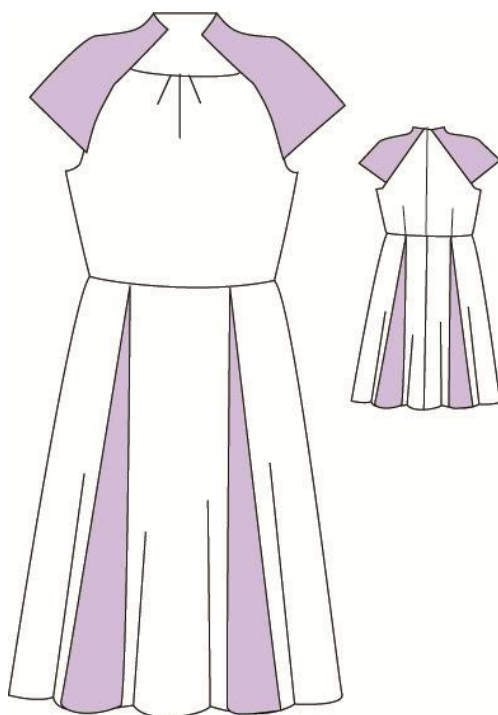
*Obr. 22 Náčrt potisku dětské kolekce*

Výsledná vzor



*Obr. 23 Výsledný potisk dětské kolekce za světla a za tmy*

#### 6.2.4. Dámské oblečení



*Obr. 24 Technický náčrt dámské kolekce*

Použitá vzor



*Obr. 25 Náčrt potisku dámské kolekce*

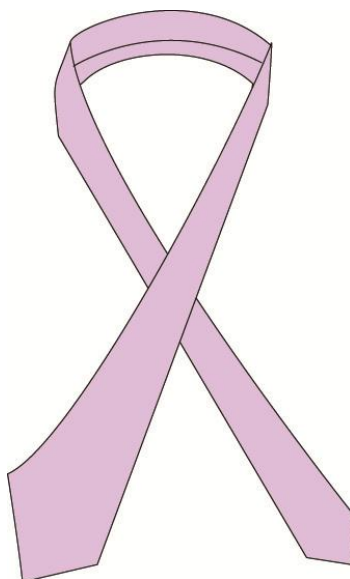
Výsledný vzor



*Obr. 26 Výsledný potisk dámských šatů za světla a za tmy*



### 6.2.5. Pánské oblečení



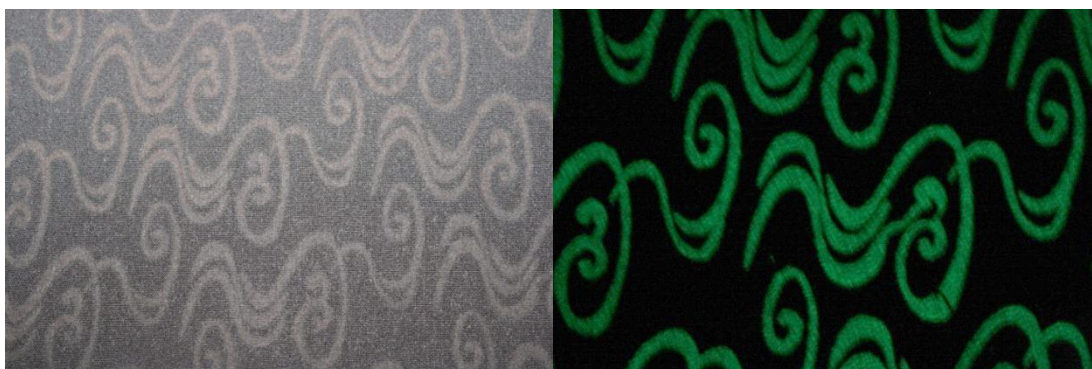
*Obr. 27 Technický nákres pánské kravaty*

Použitý vzor



*Obr. 28 Nákres potisku pánské kravaty*

Výsledný vzor



*Obr. 29 Výsledný potisk pánské kravaty za světla a za tmy*

## 7. Měření vyhasínání luminiscence

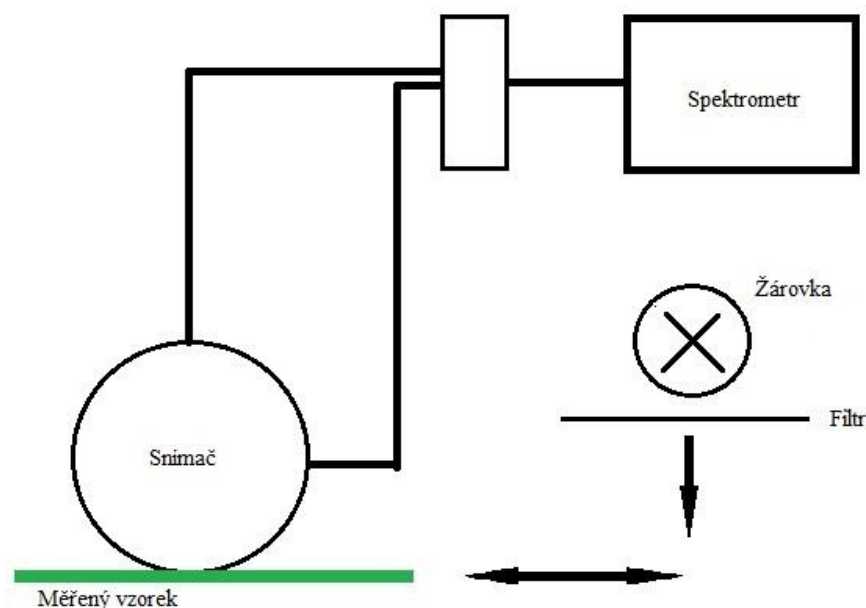
### 7.1. Použitá zařízení a přístroje

Vzorky byly osvětleny přístrojem Lumos 2004 od firmy Arsenal s.r.o.. Lumos 2004 má rozsah osvětlování 350 – 1100 nm. Osvětlovacím médiem je halogenová žárovka, která vyzařuje i UV záření.

Schéma měření vyhasínání vzorku znázorňuje obr. 30. Po nasvícení vzorku byl na osvětlenou plochu přiložen snímač. Jako snímač byl použit integrátor opatřený snímači přímé i difúzní emise. Průměr integrační koule je 30mm, velikost průměru měřicí apertury je 5mm. Tento snímač byl vyroben firmou Avantes USB2000, typem CCD spektrometr. Tento spektrometr byl připojen integrační koulí pomocí bifokálních optických kabelů o průměru 600 $\mu$ . Použitá optická vlákna jsou opravena proti efektu přirozeného poklesu světelné propustnosti optických vláken pro vlnové délky menší než 360nm. Spektrometr Avantes

USB2000 byl napojen na měřicí software firmy Ocean Optics Ins., OOI Base, pomocí kterého byl proveden časový záznam naměřených emisních spekter. OOIBase32 umožňuje provádět a měřit spektroskopická měření, jako absorbanci, odrazivost a emise.

Tento postup měření je převzat z práce Ing. Jany Richterové, která zpracovávala stejné pigmenty.



Obr. 30 Schéma měření vyhasínání luminiscence

## 7.2. Postup měření

Hlavní měření bylo prováděno na zelené tkanině, která byla předběžně určená pro dětskou konfekci.

Všechny vzorky pro testování byly celoplošně potištěny pomocí sítotisku. Vzorky byly zažehleny lisem po dobu patnácti sekund, nastaveným na teplotu 150°C.

V rámci hlavního měření, které zahrnuje supersvítivý pigment a zelenou tkaninu, byly zvoleny čtyři excitační časy: jedna minuta, pět minut, deset minut a patnáct minut.

Pro ostatní vzorky byly zvoleny dva excitační časy: jedna minuta a pět minut. Následně byl vzorek okamžitě přesunut k měřicí hlavici. Tento postup byl zvolen z konstrukčních důvodů, neboť vlivem malých aperturních otvorů použitého integrátoru nebyla intenzita přímého osvětlení dostatečná.

Pro záznam dat závislých na čase byl použit program OOIBase32.

Před začátkem měření byla nastavena základní hodnota tzv. tmavý signál, v tomto okamžiku materiál nebyl nasvícen. Po nasvícení byla měřena data v 521,25nm, kde materiál dosahoval nejvyšší hodnoty – tedy byla měřena výška vrcholu dosahovaného svítivosti pigmentu. Data jsou zaznamenávána a ukládána v reálném čase a vzniká tím časový záznam měření.

Časový záznam z deseti měření byl následně v programu MS Excel vyfiltrován tak, že bylo provedeno 25% ořezání, kdy byly vyloučeny minimální a maximální hodnoty. Takto získaný vážený průměr byl následně použit pro výpočet regresních parametrů modelu v programu STATISTICA verze 7 od firmy StatSoft.

Z časopisu Elsevier jsme převzali úspěšně aplikovanou rovnici:

$$I = I_0 + a_1 \cdot \exp\left(\frac{-t}{\tau_1}\right) + a_2 \exp\left(\frac{-t}{\tau_2}\right)$$

**Rovnice 2:** Rovnice pro měření vyhasínání luminiscence

*I.....intenzita vyzařování, I<sub>0</sub>.....minimální intenzita, a<sub>1</sub>.....intenzita v poločase 1 fáze luminiscence, a<sub>2</sub>.....hodnota tranzitní svítivosti, t.....čas, τ<sub>1,2</sub>..... konstanty rozpadu pro exponenciální komponenty*

## 7.3. Výsledky měření

Do programu STATISTICA byly zadány měřená data z programu OOIBase32. Pro zpracování těchto dat byla použita úloha nelineární regrese, do které byla vložena

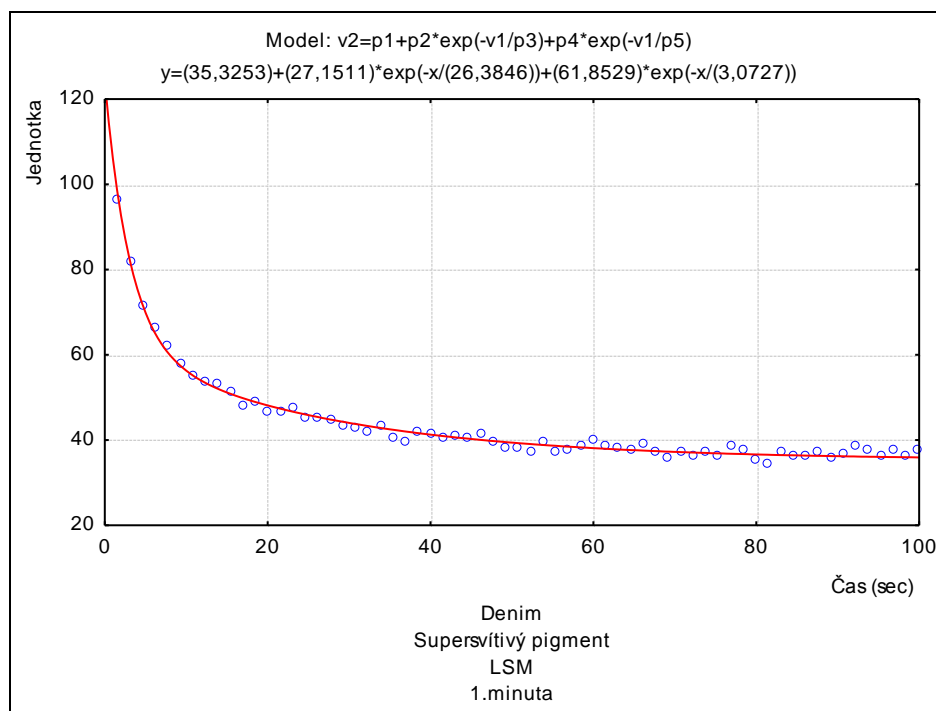
rovnice v níže uvedeném tvaru. Pro výpočet byl použit algoritmus Rosenbrock and quasi-Newton.

Algoritmus Rosenbrock se zejména používá pro sledování zakřivení. Algoritmus quasi-Newton se zabývá nalezením místního maxima a minima z funkcí. Použitý algoritmus je kombinací těchto dvou algoritmů.

$$v_2 = p_1 + p_2 \cdot \exp\left(-\frac{v_1}{p_3}\right) + p_4 \cdot \exp\left(-\frac{v_1}{p_5}\right)$$

**Rovnice 3:** Tvar rovnice pro program OOIBase32

Za pomoci programu STATISTICA byly získány data uvedené v tabulce 3 a grafy příslušného měření, viz graf 1, ze kterých byla veškerá data získána. V horní části grafu je uvedená vložená rovnice, pod níž je tato rovnice vypočtena, vždy pro příslušné naměřené hodnoty a grafické znázornění.



**Graf 1** Ukázka výstupu dat z programu STATISTICA

Integrální výpočet byl vypočítán numericky za sta měřených dat, za pomoci výsledů z programu STATISTICA a rovnice vyhasínání luminiscence, čtvercovou metodou, viz rovnice 4.

$$\int p_1 + p_2 \cdot \exp\left(-\frac{v_1}{p_3}\right) + p_4 \cdot \exp\left(-\frac{v_1}{p_3}\right)$$

**Rovnice 4:** Tvar rovnice pro výpočet plochy pod křivkou

Použila se vypočtená rovnice z programu STATISTICA, kterou lze vidět na obr. 31, do níž byl dosazen čas po jednotkách. Výsledky pro jednotlivé časy byly sečteny. Tím byla získána celková plocha pod křivkou, tedy integrál.

Data jsou řazena podle typu osvětlování, typu použitého pigmentu, typu materiálu a délky osvětlování.

Pro testování bylo použito tří typů osvětlování, aby se zjistil vliv spektrální distribuce na svítivost pigmentu.

Největší hodnota plochy pod křivkou je určena jako maximální, tedy dosahuje hodnoty 100%. S touto hodnotou plochy pod křivkou jsou pak data srovnávány.

### **Názvy v tabulce**

*První uvedený fakt je použitý typ pigmentu:*

- a) supersvítivý fosforescencí pigment Permalight
- b) červený fosforescencí pigment Permalight

*Druhý uvedený fakt je typ textilie:*

- a) Denim
- b) Hnědá tkanina
- c) Satén
- d) Zelená tkanina

*Třetí uvedený fakt je doba osvětlování:*

- a) 1 minuta
- b) 5minut
- c) 10minut
- d) 15minut

*Čtvrtý uvedený fakt je typ osvětlování:*

- a) LSM, jedná se o osvětlení Lumos s vloženým modrým filtrem;
- b) LBF – jedná se o osvětlení Lumos bez vloženého filtru,
- c) KW 254 – jedná se o monochromatický zdroj o 254nm,
- d) LW 366 – jedná se o monochromatický zdroj o 366nm

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlý rozptyl	Integral
Červený pigment, Satén, LSM, 1 minuta	34,047	3,693	3,083	3,693	3,083	0,560	31,35%	3423,977
Červený pigment, Hnědá tkanina, LSM, 1 minuta	33,472	3,540	2,530	2,463	26,075	0,693	47,99%	3416,087
Červený pigment, Denim, LSM, 1 minuta	33,236	5,132	17,533	5,132	17,533	0,770	59,29%	3497,892
Červený pigment, Zelená tkanina, LSM, 1 minuta	33,070	4,920	4,814	4,920	4,814	0,454	20,60%	3349,620
Červený pigment, Satén, LSM, 5 minut	33,342	3,865	0,001	5,422	6,898	0,537	28,85%	3368,955
Červený pigment, Hnědá tkanina, LSM 5 minut	33,004	1,826	54,762	7,236	2,271	0,557	30,99%	3396,608
Červený pigment, Denim, LSM, 5 minut	33,236	5,132	17,533	5,132	17,533	0,770	59,29%	3497,892
Červený pigment, Zelená tkanina, LSM, 5 minut	33,474	4,277	7,696	4,277	7,696	0,660	43,63%	3409,047
Červený pigment, Zelená tkanina, LSM, 10 minut	33,496	11,717	1,232	6,019	10,362	0,820	67,25%	3418,365
Červený pigment, Zelená tkanina, LSM, 15 minut	32,366	15,242	2,130	3,487	39,144	0,862	74,86%	3386,324

Supersvítivý pigment, Satén, LSM, 1 minuta	32,533	22,610	4,538	0,228	3,587	0,917	84,16%	3345,736
Supersvítivý pigment, Hnědá tkanina, LSM, 1 minuta	31,771	8,208	30,379	45,450	3,177	0,985	97,05%	3536,084
Supersvítivý pigment, Denim, LSM, 1 minuta	35,325	27,151	26,385	61,853	3,073	0,995	98,97%	4380,337
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LSM, 1 minuta	32,435	6,926	9,971	17,779	9,989	0,943	88,97%	3477,969
Supersvítivý pigment, Satén, LSM, 5 minut	30,636	25,393	2,594	5,525	32,086	0,957	91,52%	3284,362
Supersvítivý pigment, Hnědá tkanina, LSM, 5 minut	36,519	11,232	22,371	23,790	3,185	0,979	95,81%	3959,311
Supersvítivý pigment, Denim, LSM, 5 minut	36,056	42,735	3,208	30,346	16,141	0,992	98,50%	4196,297
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LSM, 5 minut	36,271	7,227	37,002	29,948	4,866	0,976	95,32%	4004,497
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LSM, 10 minut	34,096	45,664	3,977	7,841	104,929	0,982	96,52%	4072,457
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LSM, 15 minut	33,129	15,949	33,771	17,319	3,932	0,957	91,59%	3875,924
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LBF, 1 minuta	31,666	22,428	2,812	8,367	30,022	0,898	80,64%	3457,33

Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LBF, 5 minut	32,267	22,372	5,109	5,160	29,257	0,888	78,81%	3473,71
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LBF, 10 minut	31,425	7,327	61,565	70,456	3,298	0,978	95,60%	3700,68
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LBF, 15 minut	30,554	7,854	48,657	20,588	4,304	0,882	77,75%	3463,89
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LW 366, 5 minut	31,819	8,704	4,870	2,342	0,000	0,628	39,48%	3220,08
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, KW 254, 5 minut	31,408	5,540	0,974	4,418	8,879	0,683	46,66%	3180,95
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LW 366, 1 minut	30,641	7,545	7,236	6,866	6,356	0,788	62,16%	3155,31
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, KW 254, 1 minut	30,222	3,834	39,253	21,781	1,969	0,880	77,38%	3192,1

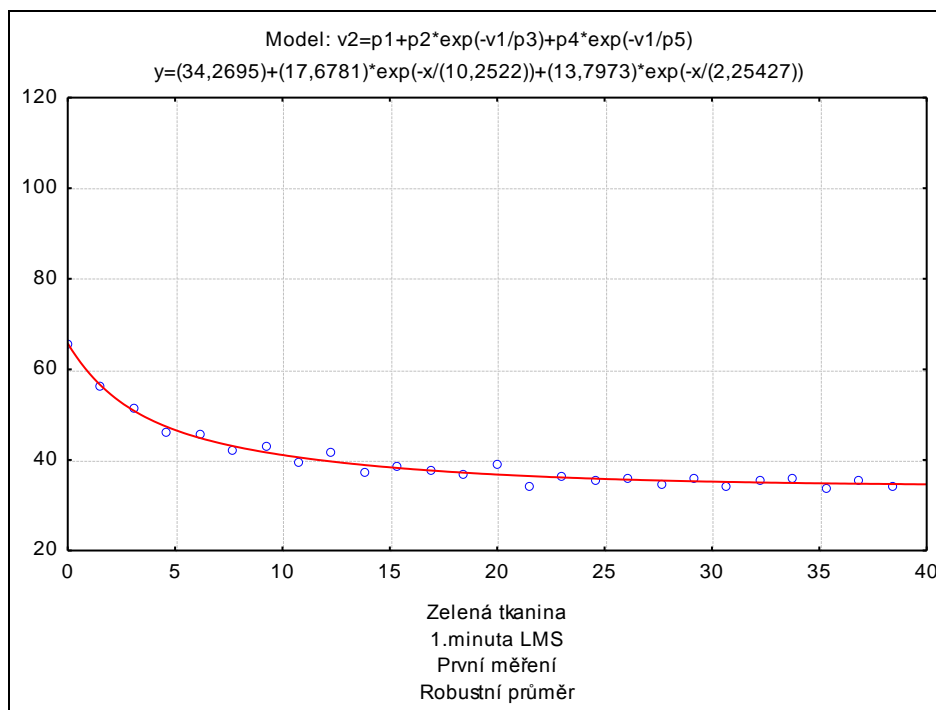
*Tabulka 3 Data z programu OOIBase 32 a výpočet integrálu*



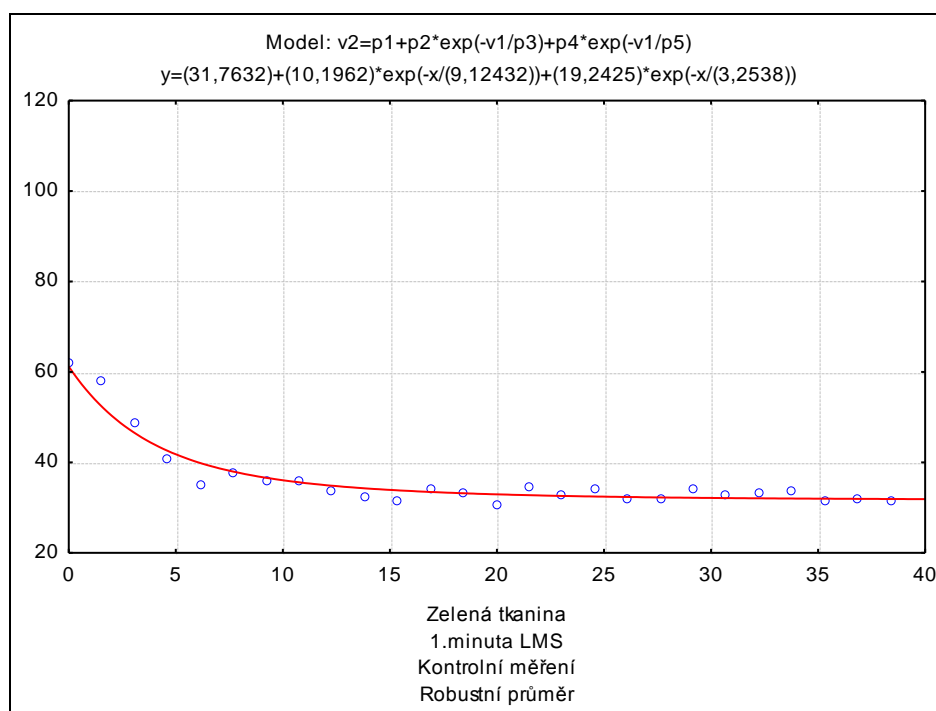
### 7.3.1. Reprodukovatelnost měření

Tato část srovnává dvě měření. První měření bylo použito pro zkoumání. Kontrolní měření bylo provedeno po půlroce od prvního měření.

K porovnávání byl použitý robustní průměr – data s 30% ořezáním.



*Graf 2 Výsledný graf z robustního průměru prvního měření*

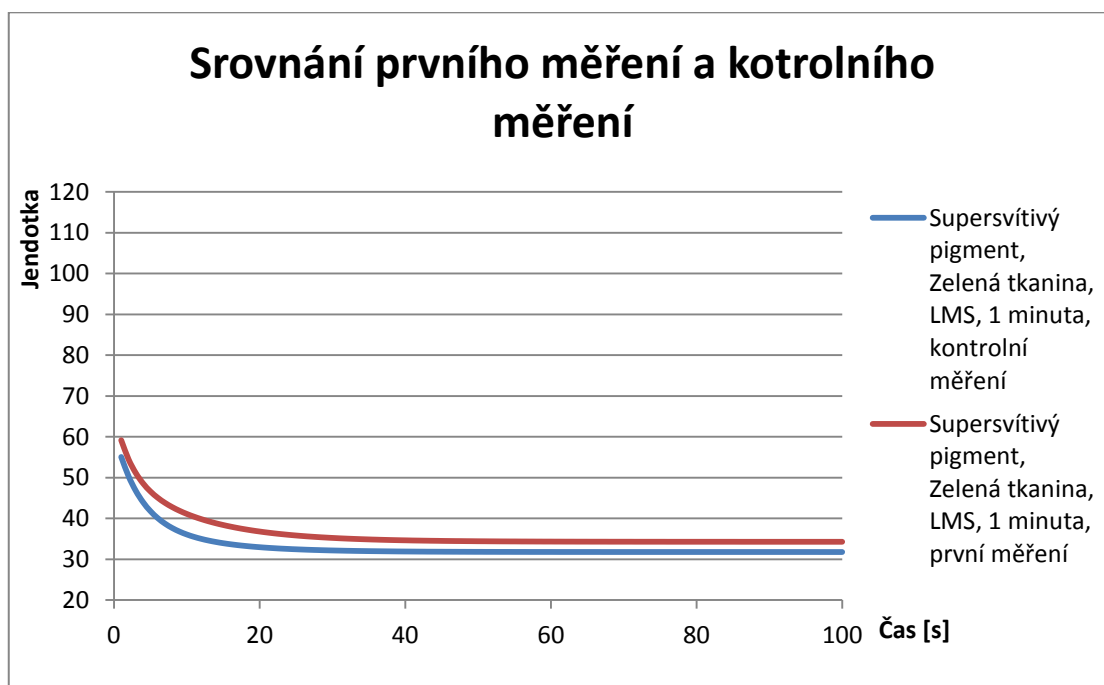


*Graf 3 Výsledný graf z robustního průměru kontrolního měření*

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta, kontrolní měření	31,763	10,196	9,124	19,243	3,254	0,968	93,66%	3317,81	91,55
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta, první měření	34,269	17,678	10,25	13,797	2,254	0,99	98,10%	3624,14	100

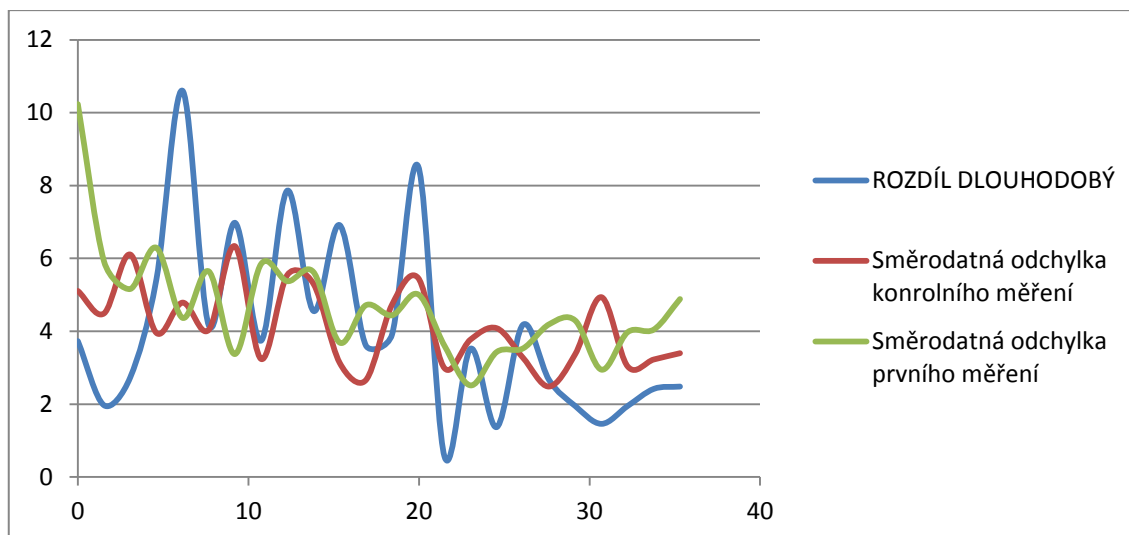
*Tabulka 4 Data porovnávající první měření a kontrolní měření*

Tabulka 4 ukazuje data získaná z programu Statistika. Z výsledné plochy pod křivkou je možné vidět, že pigment z kontrolního měření podléhá degradaci. Tento rozdíl činí méně než 9%.



*Graf 4 Výsledný graf naměřených dat*

Z grafu 4 je vidět, že kontrolní měření ukazuje vliv stárnutí pigmentu "dozrávání", které je známo i u fluorescenčních pigmentů. Neboli dochází k rychlejšímu poklesu dosvitu.



*Graf 5 Výsledný graf naměřených dat*

Rozdíl mezi směrodatnými odchylkami z robustního průměru v procentech činí pro první měření 11,4%, pro kontrolní měření 11,7%.

Průměrná odchylka u obou měření je přibližně 11,5%.

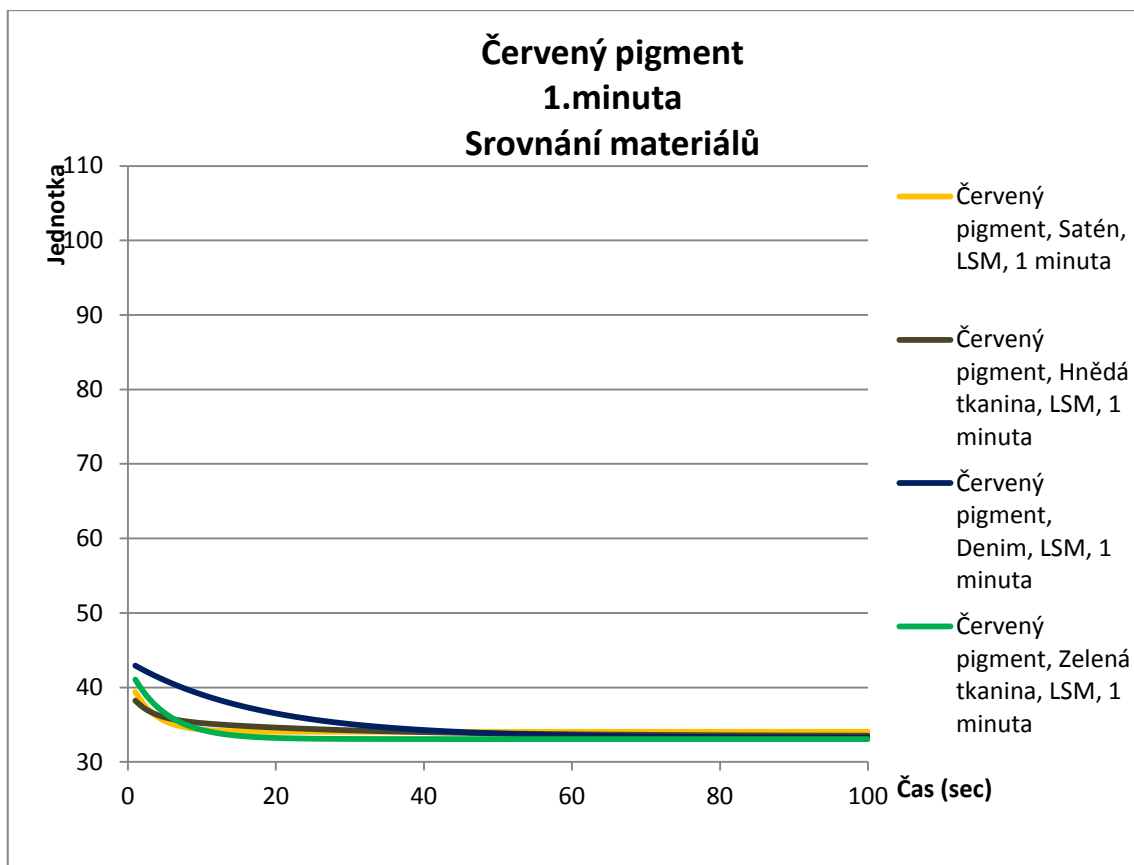
### 7.3.2. Základní srovnání dat:

Zde jsou srovnána pouze základní vybraná data a k nim vytvořené grafické znázornění. Zbytek dat je srovnáván v kapitole uvedené níže.

Pro srovnávání byla určena nejvyššího integrálu jako základní hodnota, od které je porovnáván zbytek výsledků.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Integrál	%
Červený pigment, Satén, LSM, 1 minuta	34,047	3,693	3,083	3,693	3,083	3423,977	99,38
Červený pigment, Hnědá tkanina, LSM, 1 minuta	33,472	3,540	2,530	2,463	26,075	3416,087	99,15
Červený pigment, Denim, LSM, 1 minuta	33,236	5,132	17,533	5,132	17,533	3445,336	100,00
Červený pigment, Zelená tkanina, LSM, 1 minuta	33,070	4,920	4,814	4,920	4,814	3337,132	96,86

*Tabulka 5 Výsledná data*



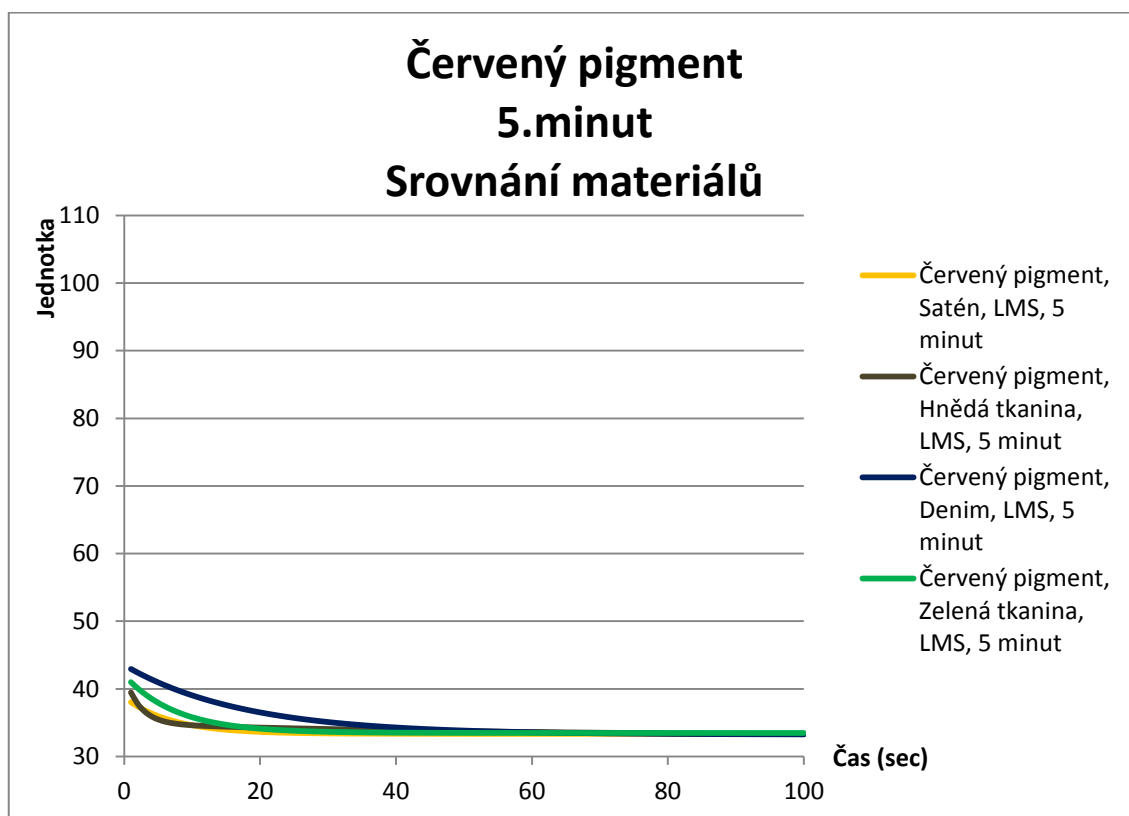
*Graf 6 Výsledný graf naměřených dat*

Textilie byly potištěny červeným fosforescenčním pigmentem. Materiály byly osvětlovány po dobu jedné minuty, světelným zdrojem s modrým filtrem.

Nejvyššího výsledku dosáhl materiál denim, nejnižšího zelená tkanina.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Integrál	%
Červený pigment, Satén, LMS, 5 minut	33,342	3,865	0,001	5,422	6,898	3368,955	97,78
Červený pigment, Hnědá tkanina, LMS, 5 minut	33,004	1,826	54,762	7,236	2,271	3406,213	98,86
Červený pigment, Denim, LMS, 5 minut	33,236	5,132	17,533	5,132	17,533	3445,336	100,00
Červený pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	33,474	4,277	7,696	4,277	7,696	3392,903	98,48

*Tabulka 6 Výsledná data*



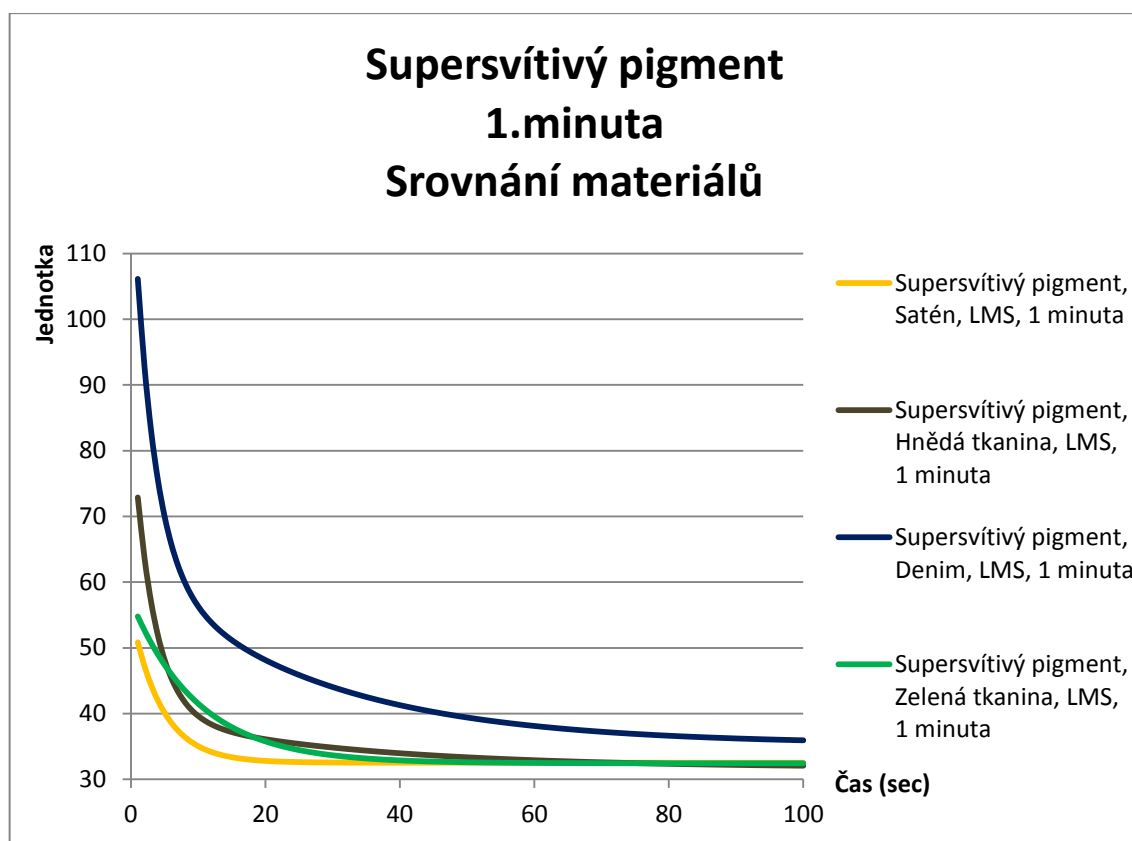
*Graf 7 Výsledný graf naměřených dat*

Textilie byly potištěny červeným fosforescenčním pigmentem. Materiály byly osvětlovány po dobu pěti minut, světelným zdrojem s modrým filtrem.

Nejvyššího výsledku dosáhl materiál denim, nejnižšího satén.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Satén, LMS, 1 minuta	32,533	22,610	4,538	0,228	3,587	3262,286	87,11
Supersvítivý pigment, Hnědá tkanina, LMS, 1 minuta	31,771	8,208	30,379	45,450	3,177	3358,537	89,68
Supersvítivý pigment, Denim, LMS, 1 minuta	35,325	27,151	26,385	61,853	3,073	3744,879	100,00
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta	32,435	6,926	9,971	17,779	9,989	3431,621	91,64

*Tabulka 7 Výsledná data*



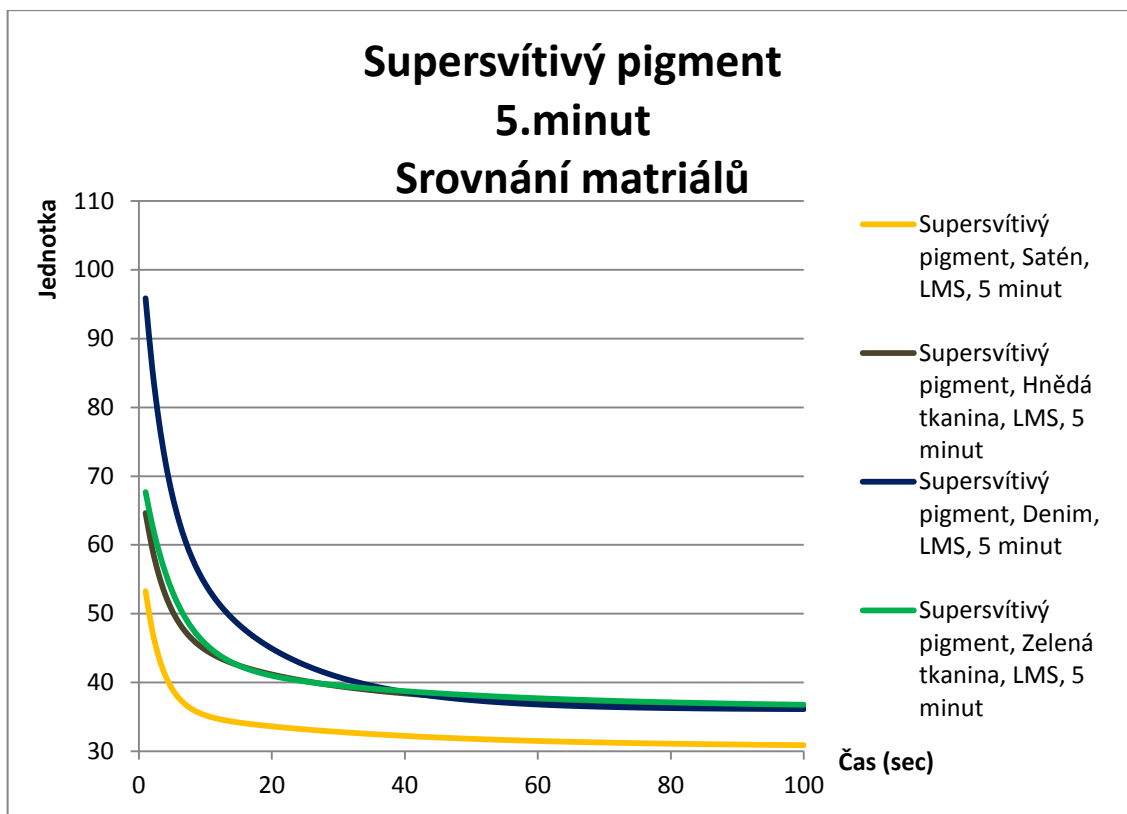
Graf 8 Výsledný graf naměřených dat

Textilie byly potištěny supersvítivým fosforescenčním pigmentem. Materiály byly osvětlovány po dobu jedné minuty, světelným zdrojem Lumos s modrým filtrem.

Nejvyššího výsledku dosáhl materiál denim, nejnižšího satén.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Satén, LMS, 5 minut	30,636	25,393	2,594	5,525	32,086	3234,704	79,18
Supersvítivý pigment, Hnědá tkanina, LMS, 5 minut	36,519	11,232	22,371	23,790	3,185	3760,475	92,06
Supersvítivý pigment, Denim, LMS, 5 minut	36,056	42,735	3,208	30,346	16,141	4085,026	100,00
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	36,271	7,227	37,002	29,948	4,866	3827,73	93,70

Tabulka 8 Výsledná data



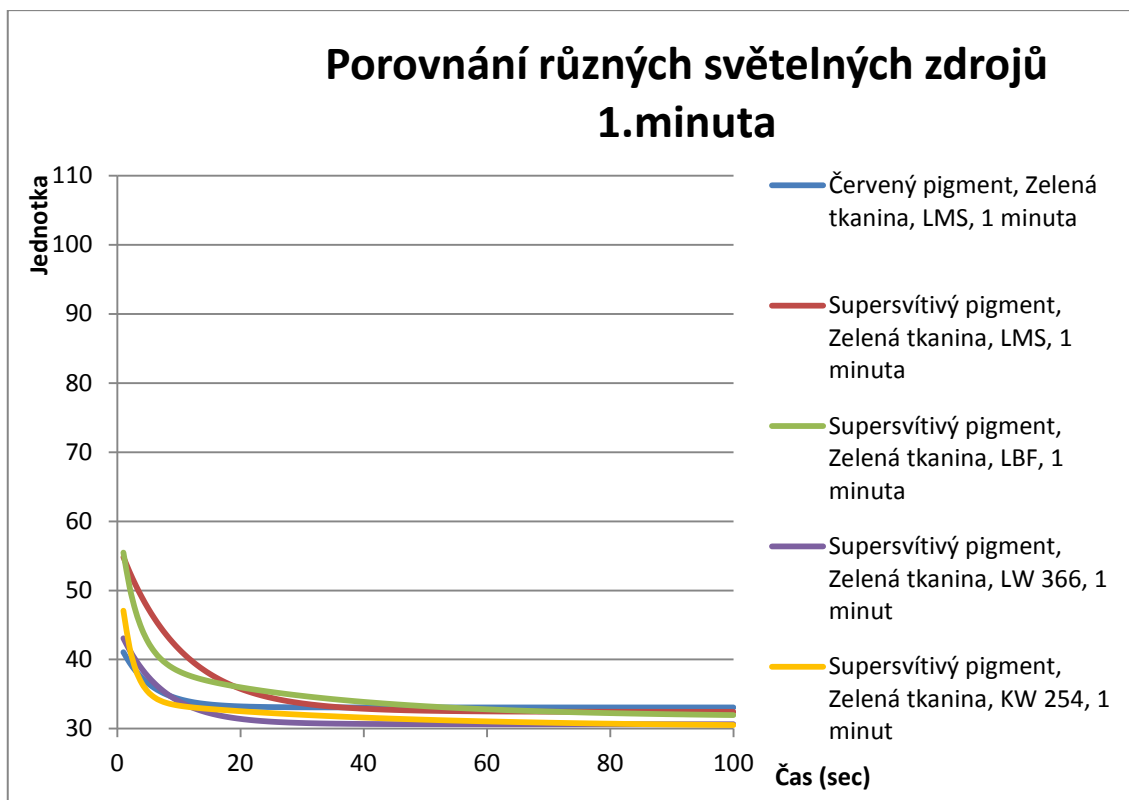
Graf 9 Výsledný graf naměřených dat

Textilie byly potištěny supersvítivým fosforescenčním pigmentem. Materiály byly osvětlovány po dobu pěti minut, světelným zdrojem s modrým filtrem.

Nejvyššího výsledku dosáhl materiál denim, nejnižšího satén.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Integrál	%
Červený pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta	33,070	4,920	4,814	4,920	4,814	3337,133	96,52
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta	32,435	6,926	9,971	17,779	9,989	3431,621	99,26
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LBF, 1 minuta	31,666	22,428	2,812	8,367	30,022	3457,325	100,00
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LW 366, 1 minut	30,641	7,545	7,236	6,866	6,356	3155,309	91,26
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, KW 254, 1 minut	30,222	3,834	39,253	21,781	1,969	3192,102	92,33

Tabulka 9 Výsledná data



*Graf 10 Výsledný graf naměřených dat*

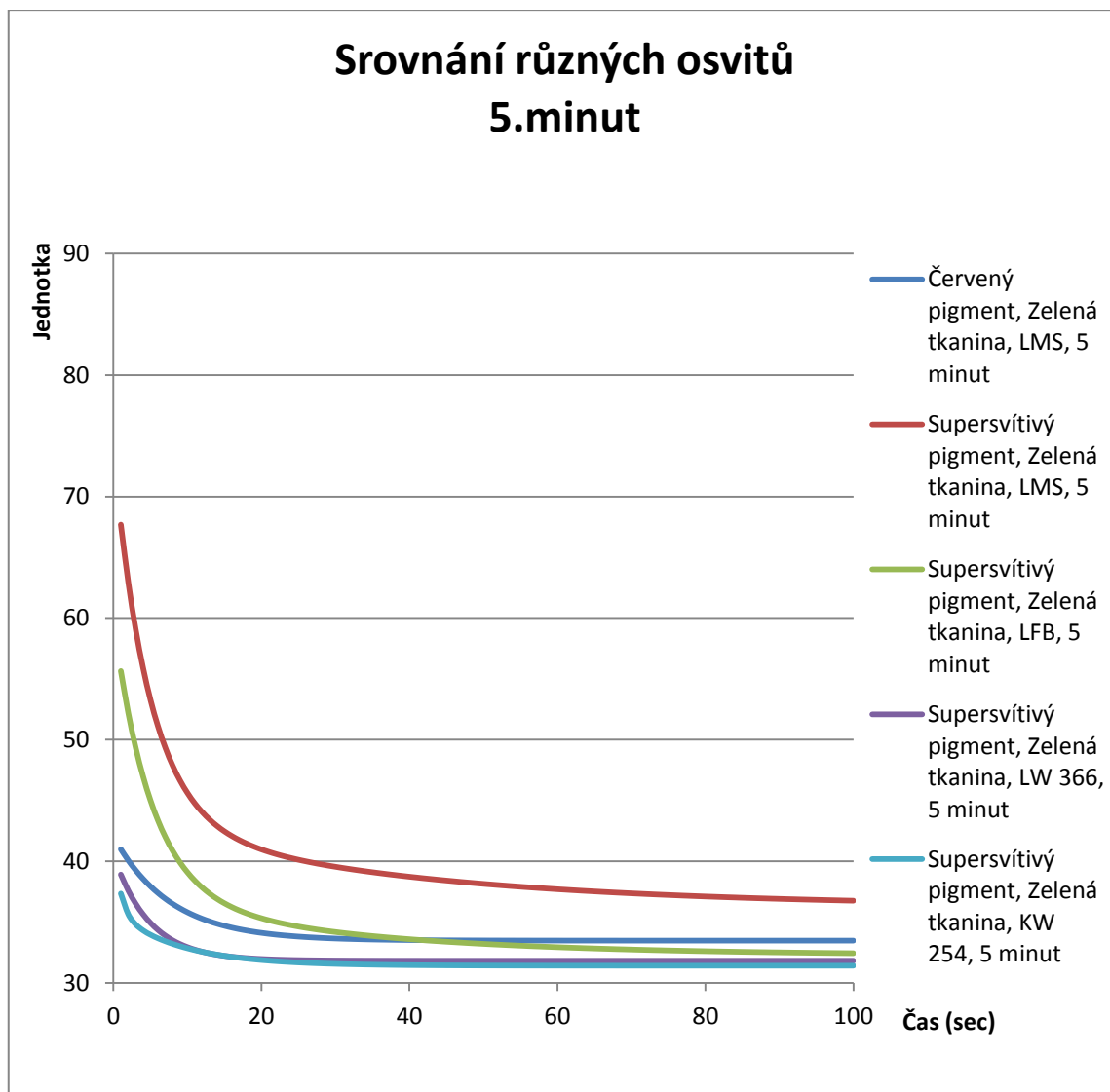
Textilie byly potištěny supersvítivým fosforescenčním pigmentem a červeným fosforescenčním pigmentem. Materiály byly osvětlovány po dobu jedné minuty, různým světelným zdrojem.

Nejlepšího výsledku dosáhl materiál potištěný supersvítivým pigmentem a osvětlovaný zdrojem s modrým filtrem.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Integrál	%
Červený pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	33,474	4,277	7,696	4,277	7,696	3392,904	88,64
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	36,271	7,227	37,002	29,948	4,866	3827,73	100,00
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LFB, 5 minut	32,267	22,372	5,109	5,160	29,257	3473,714	90,75
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LW 366, 5 minut	31,819	8,704	4,870	2,342	0,000	3220,075	84,12
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, KW 254, 5 minut	31,408	5,540	0,974	4,418	8,879	3180,953	83,10

*Tabulka 10 Výsledná data*





*Graf 11 Výsledný graf naměřených dat*

Textilie byly potištěny supersvítivým fosforescenčním pigmentem a červeným fosforescenčním pigmentem. Materiály byly osvětlovány po dobu pěti minut, různým světelným zdrojem.

Nejlepšího výsledku dosáhl materiál potištěný supersvítivým pigmentem a osvětlovaný zdrojem Lumos s vloženým modrým filtrem.

### 7.3.3. Srovnání výsledků

Data jsou získány z programu OOIbase 32. Další data jsou získány pomocí výpočtu plochy pod křivkou.

Srovnání je provedeno na základě určení maximální hodnoty a rozdílu od této maximální hodnoty.

#### 7.3.3.1. Srovnání materiálů v závislosti na pigmentu a času

V tomto srovnávání je vynechána závislost na osvětlení, protože všechny druhy materiálů byly osvětleny pouze osvětlením Lumos s vloženým modrým filtrem.

Data v tabulkách níže jsou seřazeny podle typu pigmentu a času. Tyto hodnoty jsou mezi sebou srovnávány za pomoci rozdílu plochy pod křivkou.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Satén, LMS, 1 minuta	32,533	22,610	4,538	0,228	3,587	0,917	84,16%	3345,736	76,381
Supersvítivý pigment, Hnědá tkanina, LMS, 1 minuta	31,771	8,208	30,379	45,450	3,177	0,985	97,05%	3536,084	80,726
Supersvítivý pigment, Denim, LMS, 1 minuta	35,325	27,151	26,385	61,853	3,073	0,995	98,97%	4380,337	100,000
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta	32,435	6,926	9,971	17,779	9,989	0,943	88,97%	3477,969	79,400

*Tabulka 11 Výsledná data*

Data v tabulce 11 obsahují data z měření supersvítivého fosforescenčního pigmentu po dobu jedné minuty. Různé jsou materiály, na nichž je pigment nanesen.

Největší plochy pod křivkou dosáhl denim. Nejmenší plochy pod křivkou dosáhl materiál satén. Rozdíl činí více jak 23%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Satén, LMS, 5 minut	30,636	25,393	2,594	5,525	32,086	0,957	91,52%	3284,362	78,268
Supersvítivý pigment, Hnědá tkanina, LMS, 5 minut	36,519	11,232	22,371	23,790	3,185	0,979	95,81%	3959,311	94,352
Supersvítivý pigment, Denim, LMS, 5 minut	36,056	42,735	3,208	30,346	16,141	0,992	98,50%	4196,297	100
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	36,271	7,227	37,002	29,948	4,866	0,976	95,32%	4004,497	95,429

**Tabulka 12** Výsledná data

Data v tabulce 12 obsahují data z měření supersvítivého fosforescenčního pigmentu po dobu pěti minut. Různé jsou materiály, na nichž je pigment nanesen.

Největší plochy pod křivkou dosáhl denim. Nejmenší plochy pod křivkou dosáhl materiál satén. Rozdíl činí méně jak 22%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Červený pigment, Satén, LMS, 1 minuta	34,047	3,693	3,083	3,693	3,083	0,560	31,35%	3423,977	97,887
Červený pigment, Hnědá tkanina, LMS, 1 minuta	33,472	3,540	2,530	2,463	26,075	0,693	47,99%	3416,087	97,661
Červený pigment, Denim, LMS, 1 minuta	33,236	5,132	17,533	5,132	17,533	0,770	59,29%	3497,892	100
Červený pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta	33,070	4,920	4,814	4,920	4,814	0,454	20,60%	3349,620	95,761

**Tabulka 13** Výsledná data

V tabulce 13 jsou materiály potištěné červeným fosforescenčním pigmentem a osvětlovány po dobu jedné minuty.

Největšího výsledku dosáhl denim, nejnižšího zelená tkanina. Rozdíl činí 4,2%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Červený pigment, Satén, LMS, 5 minut	33,342	3,865	0,001	5,422	6,898	0,537	28,85%	3368,955	96,314
Červený pigment, Hnědá tkanina, LMS, 5 minut	33,004	1,826	54,762	7,236	2,271	0,557	30,99%	3396,608	97,104
Červený pigment, Denim, LMS, 5 minut	33,236	5,132	17,533	5,132	17,533	0,770	59,29%	3497,892	100
Červený pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	33,474	4,277	7,696	4,277	7,696	0,660	43,63%	3409,047	97,460

**Tabulka 14** Výsledná data

Tabulka 14 obsahuje materiály potištěné červený fosforescenčním pigmentem, které byly osvětlovány po dobu pěti minut, osvětlením Lumos s vloženým modrým filtrem.

Nejvyššího výsledku dosáhl denim, nejnižšího výsledku dosáhl satén. Rozdíl mezi materiály dosahuje více jak 3%

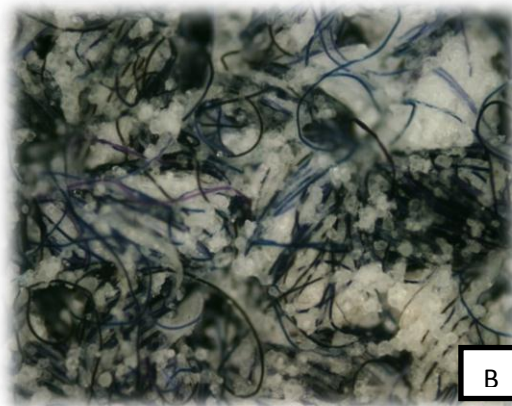
Z měření materiálů nejlépe dopadl denim. Nejmenších rozdílů bylo naměřeno u červeného pigmentu, rozdíl je přibližně 4%. U supersvítivého pigmentu rozdíl je větší než 25%.

Přestože byla použita stejná technika nánosu, tak bylo zjištěno při mikroskopickém zvětšení, že na povrchu denimu ulpívá více pigmentu a to zejména díky hrubému povrchu této textilie. Pro zjištění vlivu povrchu textilie, nánosu pigmentu na textilií a svítivosti, by musela být provedena obrazová analýza, při které by se počítal počet částic pigmentu na určité ploše.

Níže uvedené obrázky zaznamenávají mikroskopický pohled na textilií při 5x zvětšení. Lze vidět velikost částic jednotlivých pigmentů.

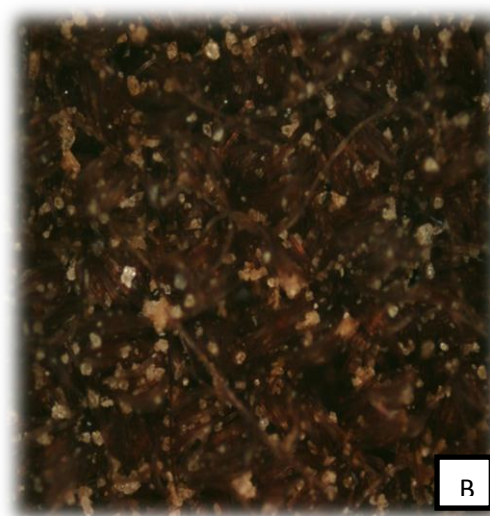
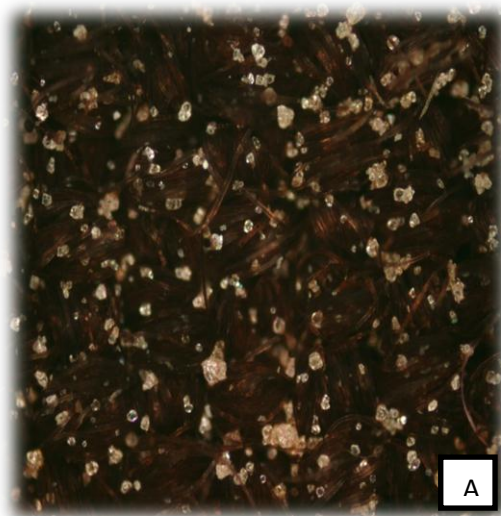
### **Denim**

- A) Červený fosforescenční pigment
- B) Supersvítivý fosforescenční pigment
- C) Bez pigmentu



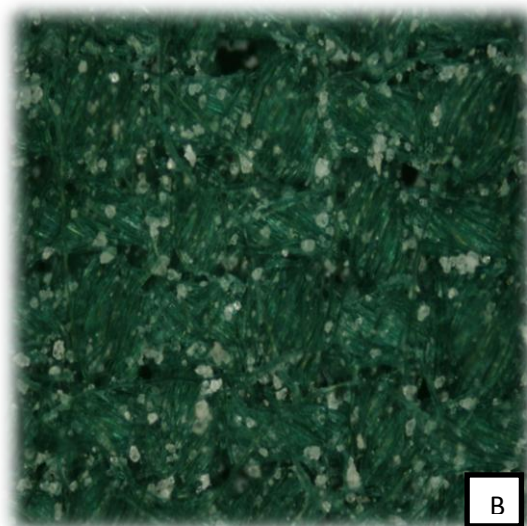
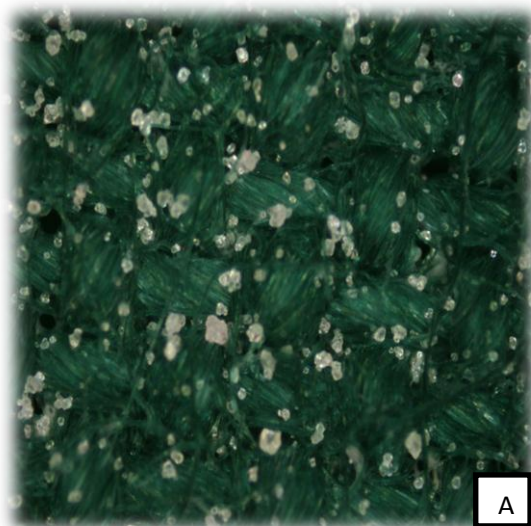
### **Hnědá tkanina**

- A) Červený fosforescenční pigment
- B) Supersvítivý fosforescenční pigment



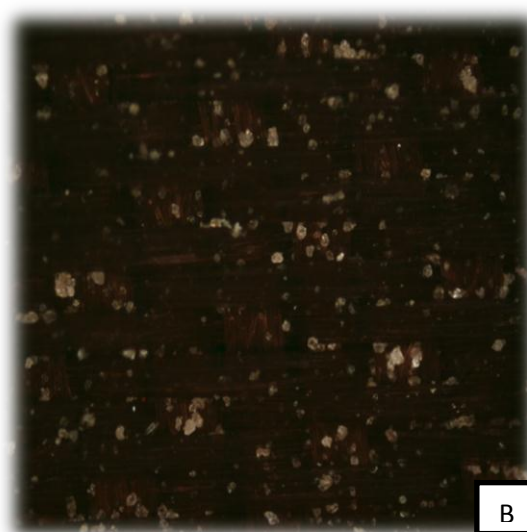
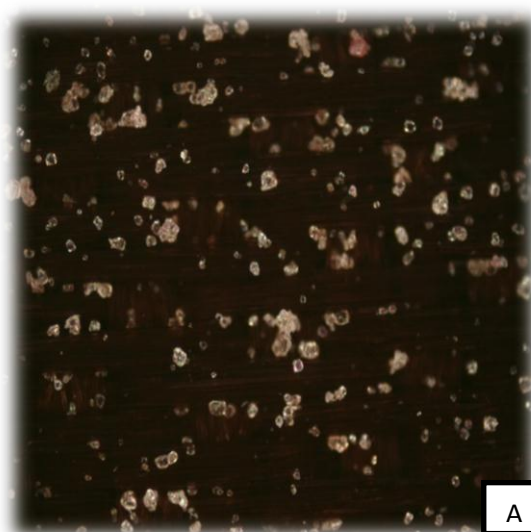
### **Zelená tkanina**

- A) Červený fosforescenční pigment
- B) Supersvítivý fosforescenční pigment



### **Satén**

- A) Červený fosforescenční pigment
- B) Supersvítivý fosforescenční pigment





### 7.3.3.2. Srovnání druhů pigmentu na délky osvitu na druh materiálu

V této části je srovnán stejný typ materiálu a stejná délka osvitu. Rozdílný je pigment nanesený na textilií.

Zjistíme rozdíl vlivu pigmentu na svítivost.

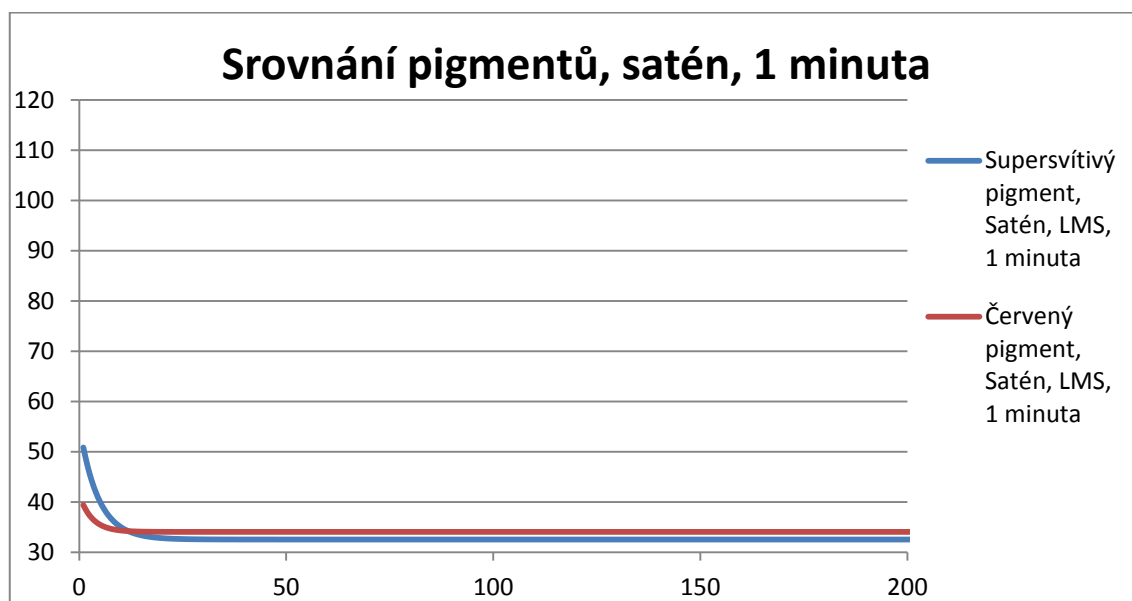
	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Satén, LMS, 1 minuta	32,533	22,610	4,538	0,228	3,587	0,917	84,16%	3345,736	97,715
Červený pigment, Satén, LMS, 1 minuta	34,047	3,693	3,083	3,693	3,083	0,560	31,35%	3423,977	100

*Tabulka 15 Výsledná data*

V tabulce 15 je porovnáván materiál satén, který byl osvětlován po dobu jedné minuty.

Červený pigment dosáhl vyšší svítivosti o 2,285%.

V grafu 12 lze vidět, proč červený pigment, i když nedosahuje vyšší svítivosti, dosahuje vyšší hodnoty plochy pod křivkou.



*Graf 12 Graf k tabulce 15*

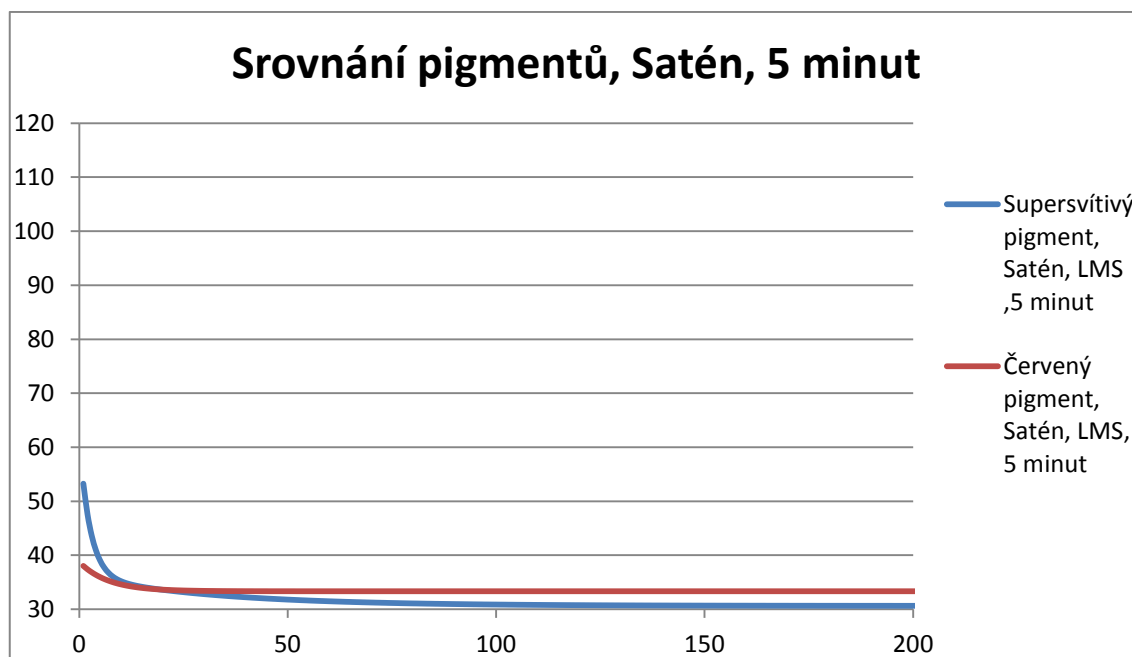
	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Satén, LMS, 5 minut	30,636	25,393	2,594	5,525	32,086	0,957	91,52%	3284,362	97,489
Červený pigment, Satén, LMS, 5 minut	33,342	3,865	0,001	5,422	6,898	0,537	28,85%	3368,955	100

*Tabulka 16 Výsledná data*

V tabulce 16 je porovnáván materiál satén, který byl osvětlován po dobu pěti minut.

Červený pigment dosáhl vyšší svítivosti o přibližně 2,5%. Přibližně stejně jako u osvětlování po dobu jedné minuty.

V grafu 13 lze vidět, proč červený pigment, i když nedosahuje vyšší svítivosti, dosahuje vyšší hodnoty plochy pod křivkou. Červený pigment má vyšší nesvítivou hladinu. To je dané barvou tisku, podkladový materiál méně prosvítá, než u supersvítivého pigmentu.



*Graf 13 Graf k tabulce 16*



	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Hnědá tkanina, LMS, 1 minuta	31,771	8,208	30,379	45,450	3,177	0,985	97,05%	3536,084	100
Červený pigment, Hnědá tkanina, LMS, 1 minuta	33,472	3,540	2,530	2,463	26,075	0,693	47,99%	3416,087	96,607

*Tabulka 17 Výsledná data*

V tabulce 17 je porovnáván materiál: hnědá tkanina, který byl osvětlován po dobu jedné minuty.

Supersvítivý fosforescenční pigment dosáhl vyšších hodnot než pigment červený, a to o zhruba 3,4%

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Hnědá tkanina, LMS, 5 minut	36,519	11,232	22,371	23,790	3,185	0,979	95,81%	3959,311	100
Červený pigment, Hnědá tkanina, LMS, 5 minut	33,004	1,826	54,762	7,236	2,271	0,557	30,99%	3396,608	85,788

*Tabulka 18 Výsledná data*

V tabulce 18 je porovnáván materiál: hnědá tkanina, který byl osvětlován po dobu pěti minut.

Supersvítivý fosforescenční pigment dosáhl vyšších hodnot než pigment červený, a to o více jak 14%. Což je daleko větší rozdíl než u osvětlování po dobu jedné minuty. Tento rozdíl činí méně jak 11%

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Denim, LMS, 1 minuta	35,325	27,151	26,385	61,853	3,073	0,995	98,97%	4380,337	100
Červený pigment, Denim, LMS, 1 minuta	33,236	5,132	17,533	5,132	17,533	0,770	59,29%	3497,892	79,854

*Tabulka 19 Výsledná data*

V tabulce 19 je porovnáván denim, který byl osvětlován po dobu jedné minuty.

Supersvítivý fosforescenční pigment dosáhl vyšších hodnot než pigment červený. Rozdíl činí lehce přes 20%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Denim, LMS, 5 minut	36,056	42,735	3,208	30,346	16,141	0,992	98,50%	4196,297	100
Červený pigment, Denim, LMS, 5 minut	33,236	5,132	17,533	5,132	17,533	0,770	59,29%	3497,892	83,357

*Tabulka 20 Výsledná data*

V tabulce 20 je porovnáván denim, který byl osvětlován po dobu pěti minut.

Supersvítivý fosforescenční pigment dosáhl vyšších hodnot než pigment červený. Rozdíl činí přes 16,5%. Tento rozdíl je menší než u osvětlování o po dobu jedné minuty.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta	32,435	6,926	9,971	17,779	9,989	0,943	88,97%	3477,969	100
Červený pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta	33,070	4,920	4,814	4,920	4,814	0,454	20,60%	3349,620	96,310

*Tabulka 21 Výsledná data*

V tabulce 21 je porovnávána zelená tkanina, která byla osvětlována po dobu jedné minuty.

Supersvítivý fosforescenční pigment dosáhl vyšších hodnot než pigment červený. Rozdíl činí 3,69%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Červený pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	33,474	4,277	7,696	4,277	7,696	0,660	43,63%	3409,047	85,130
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	36,271	7,227	37,002	29,948	4,866	0,976	95,32%	4004,497	100,000

*Tabulka 22 Výsledná data*

V tabulce 22 je porovnáván zelený bavlněný materiál, který byl osvětlován po dobu pěti minut.

Supersvítivý fosforescenční pigment dosáhl vyšších hodnot než pigment červený. Rozdíl činí méně než 15%. Tento rozdíl je vyšší než u osvětlování po dobu jedné minuty.

Supersvítivý fosforescenční pigment dosahuje vyšších hodnot než červený fosforescenční pigment, s výjimkou saténu. U saténu vykazuje červený fosforescenční pigment vyššího obsahu plochy pod křivkou.

Při osvětlování po dobu jedné minuty dosáhl denim s fosforescenčním supersvítivým pigmentem, jako jediný, vyšších hodnot plochy pod křivkou, než s nánosem červeného fosforescenčního pigmentu.

U ostatních materiálů byly vyšší hodnoty naměřeny při osvětlování po dobu pěti minut.

Největšího rozdílu mezi červeným fosforescenčním pigmentem a supersvítivým fosforescenčním pigmentem dosáhla zelená tkanina s rozdílem 11,31%. Následuje hnědá tkanina s 10,6%. Nejnižší rozdíl vykazuje satén a to 0,2%. Rozdíl u denimu činí 3,5%.

### 7.3.3.3. Srovnání doby osvitu na stejný pigment a materiál

Tato část porovnává délku osvitu na stejný druh pigmentu a stejný druh textilie.

Porovnání zjistí jaký vliv má délka osvitu, v podobě jedné minuty a pěti minut, na pigment supersvítivý a červený. U zelené tkaniny budou porovnávány všechny měřené časy, tedy jedna minuta, pět minut, deset minut a patnáct minut.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Červený pigment, Satén, LMS, 1 minuta	34,047	3,693	3,083	3,693	3,083	0,560	31,35%	3423,977	100
Červený pigment, Satén, LMS, 5 minut	33,342	3,865	0,001	5,422	6,898	0,537	28,85%	3368,955	98,393

*Tabulka 23 Výsledná data*

V tabulce 23 je porovnáván satén potištěný červeným fosforescenčním pigmentem, který byl osvětlován po dobu pěti minut a jedné minuty.

Červený fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty dosáhl vyšších hodnot než červený fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu pěti minut. Rozdíl činí 1,6%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Satén, LMS, 1 minuta	32,533	22,610	4,538	0,228	3,587	0,917	84,16%	3345,736	100
Supersvítivý pigment, Satén, LMS, 5 minut	30,636	25,363	2,594	5,525	32,086	0,957	91,52%	3284,362	98,166

**Tabulka 24** Výsledná data

V tabulce 24 je porovnáván satén potištěný supersvítivý fosforescenčním pigmentem, který byl osvětlován po dobu pěti minut a jedné minuty.

Supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty dosáhl vyšších hodnot než supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu pěti minut. Rozdíl činí 1,8%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Červený pigment, Hnědá tkanina, LMS, 1 minuta	33,472	3,540	2,530	2,463	26,075	0,693	47,99%	3416,087	100
Červený pigment, Hnědá tkanina, LMS, 5 minut	33,004	1,826	54,762	7,236	2,271	0,557	30,99%	3396,608	99,430

**Tabulka 25** Výsledná data

V tabulce 25 je porovnávána hnědá tkanina potištěná červeným fosforescenčním pigmentem, která byla osvětlována po dobu pěti minut a jedné minuty.

Červený fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty dosáhl vyšších hodnot než červený fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu pěti minut. Rozdíl činí 0,57%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Hnědá tkanina, LMS, 1 minuta	31,771	8,208	30,379	45,450	3,177	0,985	97,05%	3536,084	89,311
Supersvítivý pigment, Hnědá tkanina, LMS, 5 minut	36,519	11,232	22,371	23,790	3,185	0,979	95,81%	3959,311	100

**Tabulka 26** Výsledná data

V tabulce 26 je porovnávána hnědá tkanina potištěná supersvítivý fosforescenčním pigmentem, která byla osvětlována po dobu pěti minut a jedné minuty.

Supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty dosáhl vyšších hodnot než červený fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu pěti minut. Rozdíl činí 10,7%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Červený pigment, Denim, LMS, 1 minuta	33,236	5,132	17,533	5,132	17,533	0,770	59,29%	3497,892	100
Červený pigment, Denim, LMS, 5 minut	33,236	5,132	17,533	5,132	17,533	0,770	59,29%	3497,892	100

**Tabulka 27** Výsledná data

V tabulce 27 je porovnáván denim potištěný červeným fosforescenčním pigmentem, který byl osvětlován po dobu pěti minut a jedné minuty.

Červený pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty dosáhl stejných hodnot jako červený pigment osvětlovaný po dobu pěti minut. To znamená, že svého maxima dosahuje v této kombinaci už při jednominutové délce osvit.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Denim, LMS, 1 minuta	35,325	27,151	26,385	61,853	3,073	0,995	98,97%	4380,337	100
Supersvítivý pigment, Denim, LMS, 5 minut	36,056	42,735	3,208	30,346	16,141	0,992	98,50%	4196,297	95,798

*Tabulka 28 Výsledná data*

V tabulce 28 je porovnáván denim potištěný supersvítivý fosforescenčním pigmentem, který byl osvětlován po dobu pěti minut a jedné minuty.

Supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty dosáhl vyšších hodnot než červený fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu pěti minut. Rozdíl činí 4,2%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Červený pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta	33,070	4,920	4,814	4,920	4,814	0,454	20,60%	3349,620	97,989
Červený pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	33,474	4,277	7,696	4,277	7,696	0,660	43,63%	3409,047	99,727
Červený pigment, Zelená tkanina, LMS, 10 minut	33,496	11,717	1,232	6,019	10,362	0,820	67,25%	3418,365	100
Červený pigment, Zelená tkanina, LMS, 15 minut	32,366	15,242	2,130	3,487	39,144	0,862	74,86%	3386,324	99,063

*Tabulka 29 Výsledná data*

V tabulce 29 je porovnávána zelená tkanina potištěná červeným fosforescenčním pigmentem, která byla osvětlována po dobu jedné minuty, pěti minut, deseti minut a patnácti minut.

Červený fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu deseti minut dosáhl nejvyšších hodnot. Pigment osvětlovaný po dobu pěti minut dosáhl o 0,3% méně než pigment osvětlovaný deseti minut. Červený fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty dosáhl nejnižších hodnot. Rozdíl od pigmentu osvětlovaného deseti minut činí 2%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta	32,435	6,926	9,971	17,779	9,989	0,943	88,97%	3477,969	85,402
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	36,271	7,227	37,002	29,948	4,866	0,976	95,32%	4004,497	98,331
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 10 minut	34,096	45,664	3,977	7,841	104,929	0,982	96,52%	4072,457	100
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 15 minut	33,129	15,949	33,771	17,319	3,932	0,957	91,59%	3875,924	95,174

*Tabulka 30 Výsledná data*

V tabulce 30 je porovnávána zelená tkanina potištěná supersvítivý fosforescenčním pigmentem, která byla osvětlována po dobu jedné, pěti, deseti a patnácti minut.

Supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu deseti minut dosáhl nejvyšších hodnot. Červený fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu pěti minut dosáhl jako druhý nejvyšších hodnot. Rozdíl činí 1,6%. Pigment osvětlovaný jednu



minutu dosáhl nejmenších hodnot. Od pigmentu osvětlovaného deset minut je rozdíl 14,6%.

Všeobecně větších rozdílů bylo naměřeno mezi supersvítivými fosforescenčním pigmenty. Tento rozdíl činí od 1,8% do 14,6%. U červených fosforescenčních pigmentů se rozdíl pohybuje od 0% do 2%. Největších rozdílů mezi červeným a supersvítivým pigmentem dosahuje materiál zelená tkanina, a to přes 12%. Nejmenších rozdílů mezi pigmenty bylo dosaženo u saténu, pouze 0,2%. U červeného fosforescenčního pigmentu naneseného na denimu je rozdíl mezi osvity 0%. Pouze v u tohoto složení pigmentu a materiálu bylo tohoto výsledku dosaženo. Zbytek materiálů dosahuje rozdílů.

#### 7.3.3.4. Srovnání druhu osvitu na stejný pigment a materiál po stejný osvětlovací čas

Supersvítivý fosforescenční pigment je osvětlován stejnou dobu různými typy osvětlení. Sleduje se zde vliv spektrálního záření na svítivost pigmentu.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta	32,435	6,926	9,971	17,779	9,989	0,943	88,97%	3477,969	100
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LBF, 1 minuta	31,666	22,428	2,812	8,367	30,022	0,898	80,64%	3457,325	99,406
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LW 366, 1 minuta	30,641	7,545	7,236	6,866	6,356	0,788	62,16%	3155,309	90,723
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, KW 254, 1 minuta	30,222	3,834	39,253	21,78	1,969	0,880	77,38%	3192,102	91,781

*Tabulka 31 Výsledná data*

V tabulce 31 je porovnávána zelená tkanina potištěná supersvítivý fosforescenčním pigmentem, která byla osvětlována po dobu jedné minuty různými typy osvětlení.

Supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty osvětlením Lumos s vloženým modrým filtrem dosáhl nejvyšších naměřených hodnot. Druhá nejvyšší hodnota byla dosažena stejným typem osvětlení, tentokrát bez vloženého filtru. Nejnižší hodnotu dosáhl pigment osvětlovaný typem LW 366. Rozdíl od nejvyšší hodnoty je 9,3%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	36,271	7,227	37,002	29,948	4,866	0,976	95,32%	4004,497	100,000
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LBF, 5 minut	32,267	22,372	5,109	5,160	29,257	0,888	78,81%	3473,714	86,745
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LW 366, 5 minut	31,819	8,704	4,870	2,342	0,000	0,628	39,48%	3220,075	80,411
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, KW 254, 5 minut	31,408	5,540	0,974	4,418	8,879	0,683	46,66%	3180,953	79,435

*Tabulka 32 Výsledná data*

V tabulce 32 je porovnávána zelená tkanina potištěná supersvítivý fosforescenčním pigmentem, která byla osvětlována po dobu jedné minuty různými typy osvětlení.

Supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty osvětlením Lumos s vloženým modrým filtrem dosáhl nejvyšších naměřených hodnot.

Druhá nejvyšší hodnota byla dosažena stejným typem osvětlení, tentokrát bez vloženého filtru. Nejnižší hodnotu dosáhl pigment osvětlovaný typem KW 254. Rozdíl od nejvyšší hodnoty je 20,6%.

Nejlepších výsledků při osvětlení po dobu jedné a pěti minut dosáhlo osvětlení typu Lumos s vloženým filtrem. Nejnižších hodnot dosáhlo osvětlení typu LW 366 a KW 254.

Rozdíl mezi nejvyšší hodnotou a nejnižší hodnotou činí u osvětlování po dobu jedné minuty 9,3% a u osvětlování po dobu pěti minut 20,6%.

### 7.3.3.5. Srovnání druhu osvitu na stejný pigment a materiál po různý osvětlovací čas

Data jsou porovnána s ohledem na stejný typ osvětlování, různou délku a stejný druh pigmentu.

Použitým pigmentem je supersvítivý fosforescenční pigment. Délka osvitu je jedna a pět minut. Osvětlení při tomto srovnávání zůstává stejné.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 1 minuta	32,435	6,926	9,971	17,779	9,989	0,943	88,97%	3477,969	86,852
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LMS, 5 minut	36,271	7,227	37,002	29,948	4,866	0,976	95,32%	4004,497	100

*Tabulka 33 Výsledná data*

V tabulce 33 je porovnávána zelená tkanina potištěná supersvítivý fosforescenčním pigmentem, která byla osvětlována po dobu jedné minuty typem osvětlení Lumos vloženým modrým filtrem.

Supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty osvětlením Lumos s vloženým modrým filtrem dosáhl nejnižších naměřených hodnot

než supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu pěti minut. Rozdíl od nejvyšší hodnoty je přibližně 13,1%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LBF, 1 minuta	31,666	22,428	2,812	8,367	30,022	0,898	80,64%	3457,325	99,528
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LBF, 5 minut	32,267	22,372	5,109	5,160	29,257	0,888	78,81%	3473,714	100

*Tabulka 34 Výsledná data*

V tabulce 34 je porovnávána zelená tkanina potištěná supersvítivý fosforescenčním pigmentem, která byla osvětlována po dobu jedné minuty typem osvětlení Lumos bez vložení filtru.

Supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty osvětlením Lumos bez vloženého filtru dosáhl nejnižších naměřených hodnot než supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu pěti minut. Rozdíl od nejvyšší hodnoty je přibližně 0,5%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LW 366, 1 minuta	30,641	7,545	7,236	6,866	6,356	0,788	62,16%	3155,309	97,989
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, LW 366, 5 minut	31,819	8,704	4,870	2,342	0,000	0,628	39,48%	3220,075	100

*Tabulka 35 Výsledná data*

V tabulce 35 je porovnávána zelená tkanina potištěná supersvítivý fosforescenčním pigmentem, která byla osvětlována po dobu jedné minuty typem osvětlení LW 366.

Supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty osvětlením LW 366 dosáhl nejnižších naměřených hodnot než supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu pěti minut. Rozdíl od nejvyšší hodnoty je přibližně 2%.

	Minimální intenzita	$\alpha_1$	Čas opadávání 1	$\alpha_2$	Čas opadávání 2	Korelační koeficient	Vysvětlený rozptyl	Integrál	%
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, KW 254, 1 minut	30,222	3,834	39,253	21,78	1,969	0,880	77,38%	3192,102	100
Supersvítivý pigment, Zelená tkanina, KW 254, 5.minut	31,408	5,540	0,974	4,418	8,879	0,683	46,66%	3180,953	99,65

*Tabulka 36 Výsledná data*

V tabulce 36 je porovnávána zelená tkanina potištěná supersvítivý fosforescenčním pigmentem, která byla osvětlována po dobu jedné minuty typem osvětlení Lumos vloženým modrým filtrem.

Supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu jedné minuty osvětlením Lumos s vloženým modrým filtrem dosáhl nejvyšších naměřených hodnot než supersvítivý fosforescenční pigment osvětlovaný po dobu pěti minut. Rozdíl od nejvyšší hodnoty je přibližně 0,4%.

Všeobecně lze říci, že nejlepší kombinací pigmentu, materiálu a druhu osvětlení je pigment fosforescenční supersvítivý nanesený na denim a osvětlován zdrojem Lumos s vloženým modrým filtrem.

Denim dosahuje lepších výsledků, protože jeho struktura dokáže pojmout více pigmentu než-li jiné, při stejném způsobu nánosu.

## 8. Závěr

Diplomová práce je zaměřena na luminiscenční pigment aplikovaný v oděvní kolekci. Pigment je aplikován pomocí sítotisku, a to, pro zkoumání v celoplošném tisku, pro oděvní kolekci vzory aplikované sítotiskem.

Byly zkoumány různé druhy tkanin: hnědá tkanina, zelená tkanina, satén a denim. Na jednotlivé textilie byly nanесeny dva druhy pigmentů. Pigment fosforescenční supersvítivý a pigment červený fosforescenční.

Pro zkoumání byly použity různé druhy světelných zdrojů: osvětlení značky Lumos, který osvětloval textilie s pigmentem s vloženým modrým filtrem nebo bez vloženého filtru. Dalšími zdroji byl KW 366nm a LW 254nm. Po dobu jedné minuty, pěti minut, deseti minut a patnácti minut.

Hlavní zkoumanou textilií se stala zelená tkanina, která byla primárně určena pro dětskou kolekci. Ta byla podrobena všem osvětlovacím časům. Ostatní textilie byly osvětlovány pouze jednu minutu a pět minut, a osvětlovacím zdrojem Lumos s vloženým modrým filtrem.

Předmětem diplomové práce je provedení studie vyhasínání luminiscence s ohledem na dobu expozice.

Pokud srovnáme délku expozice na hlavní textilii, tak nejvhodnější délka expozice se pohybuje okolo deseti minut a to u obou typů pigmentů. Při této délce osvitu dosahuje použitý fosforescenční pigment nejvyšších hodnot. Rozdíl mezi délkami osvitu na červený fosforescenční pigment se pohybuje v řádu 1%. U supersvítivého fosforescenčního pigmentu se rozdíl pohybuje od 1,5% do 15%.

Druhým předmětem zkoumání je provedení studie vyhasínání luminiscence s ohledem na spektrální distribuci světelné energie použitého osvětlení.

Toto zkoumání bylo provedeno pouze na hlavní textilii potištěné supersvítivým fosforescenčním pigmentem, ale s dvěma různými délkami osvitu. Nejlepším osvětlovacím zdrojem je osvětlení Lumos s vloženým modrým filtrem a to u všech typů pigmentů. Od ostatních zdrojů, u supersvítivého fosforescenčního pigmentu, který byl osvětlován po dobu jedné minuty, dosahuje lepších výsledků, a to od 1% do více jak 10%. Při osvětlování po dobu pěti minut se rozdíl pohybuje od 14% do 21%.

Bylo provedeno další zkoumání, která měla zjistit co nejvíce poznatků o tom, jak se chová pigment na textilii.

Jedním bodem zkoumání bylo srovnání druhů použitých materiálů. Materiály byly potištěny stejným druhem pigmentu a osvětlovány po stejnou dobu jedním druhem světelného zdroje. Z tohoto zkoumání nejlépe dopadl materiál denim. Nejhůře dopadl materiál satén. Největších rozdílů mezi materiály bylo zjištěno u materiálů potištěných supersvítivým fosforescenčním pigmentem. Tento rozdíl se pohybuje okolo 22%. U červeného pigmentu je tento rozdíl přibližně 4%.

Další srovnávání se týkalo rozdílu mezi pigmenty, které byly nanесeny na stejnou textilií a osvětlovány stejným světelným zdrojem po stejnou dobu. Nejlépe dopadl supersvítivý fosforescenční pigment.

Třetí zkoumání porovnávalo délku osvětlení pigmentu na stejný druh pigmentu po stejný na stejný materiál. Kromě zelené tkaniny, která byla podrobena více osvětlovacím časům, dopadl nejlépe osvětlovací čas jedné minuty, a to, jak u supersvítivého fosforescenčního pigmentu, tak i u červeného fosforescenčního pigmentu.

Posledním předmětem zkoumání byl rozdíl délky osvětlování. Na hlavní druh materiálu s nanесeným supersvítivým fosforescenčním pigmentem byl použit různý osvětlovací zdroj. Nejlepších výsledků dosahuje osvětlovací doba pěti minut.

Pigmenty jsou vhodné pro potiskování textilií. A to zejména hrubých textilií, kde ulpívá více pigmentu na povrchu textilie.

## 9. Seznam použité literatury

- [1] COMMONS, Creative. *Luminiscence*. CREATIVE COMMONS. Wikipedie: Otevřená encyklopedie [online]. 1. vyd. Wikimedia Commons, 11. 1. 2012 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Luminiscence>
- [2] COMMONS, Creative. *Sálání: Tepelné záření* [online]. 10. 3. 2012 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/S%C3%A1l%C3%A1n%C3%AD>
- [3] HORÁK, Zdeněk. *Optika: Jak se zjistí rychlost světla?* [online]. 2010 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: [http://www.horakzdenek.cz/element\\_optika.php](http://www.horakzdenek.cz/element_optika.php)
- [4] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. *Přehled elektromagnetického záření* [online]. Encyklopedie fyziky, 2006 - 2012 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/527-prehled-elektromagnetickeho-zareni>
- [5] HORÁK, Zdeněk. *Optika: Jak se zjistí rychlost světla?* [online]. 2010 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: [http://www.horakzdenek.cz/element\\_optika.php](http://www.horakzdenek.cz/element_optika.php)
- [6] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. *Aktivní prostředí: Luminiscence* [online]. Encyklopedie fyziky, 2006 - 2012 [cit. 2012-05-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/779-aktivni-prostredi-luminiscence>
- [7] SHARMA, Ashutosh a Stephen G. SCHULMAN. *Introduction to Fluorescence Spectroscopy*. New York: John Wiley and Sons, 1999. ISBN 0471110981.
- [8] ESPE, W. *Luminiscenční látky v elektrotechnice – výroba, vlastnosti a použití*. 1. sted.; Státní nakladatelství technické literatury: Praha, 1954.
- [9] *Principy fluorescenční spektroskopie* [online]. 2005 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://psych.lf1.cuni.cz/fluorescence/soubory/principy.htm>
- [10] UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE. *Principy fluorescenční spektroskopie* [online]. 2005 - 2012 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://psych.lf1.cuni.cz/fluorescence/soubory/principy.pdf>
- [11] STEPHEN, Martin. *Photoluminescence* [online]. 2011 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.google.com/imgres?hl=en&sa=X&gl=cz&biw=1366&bih=643&tbnm=isch&tbnid=Xg8xEmbAdZd9SM:&imgrefurl=http://cllctr.com/view/50302ff19>



- ba018db90d6f191527fbd08&docid=VZIX83N65zTXLM&imgurl=http://cllctr.com/image/50302ff19ba018db90d6f191527fbd08/576&w=576&h=420&ei=u8WvT4TODMbBswaUmLCtBA&zoom=1&iact=rc&dur=277&sig=109694010503671927197&page=3&tbnh=137&tbnw=183&start=44&ndsp=24&ved=1t:429,r:8,s:44,i:202&tx=50&ty=100
- [12] CREATIVE COMMONS. Fluorescence [online]. 2010 - 2012 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.wikiskripta.eu/index.php/Fluorescence>
  - [13] PARTYKA, Jan. Elektroforetická separace fluorescenčně značených aminokyselin na mikrofluidickém zařízení [online]. 2008 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/175672/prif\\_b/Bakalarska\\_prace\\_III\\_2\\_.txt](http://is.muni.cz/th/175672/prif_b/Bakalarska_prace_III_2_.txt)
  - [14] *Elektromagnetické vlnění: Luminiscence* [online]. 2005 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.gymkren.cz/download/ucebni-texty/fyzika/f24.pdf>
  - [15] URBANOVÁ, Bc. Jana. Interakce benzofenantridinových kvarterních alkaloidů s DNA [online]. 2009 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/175672/prif\\_b/Bakalarska\\_prace\\_III\\_2\\_.txt](http://is.muni.cz/th/175672/prif_b/Bakalarska_prace_III_2_.txt)
  - [16] *Fotoluminiscence*. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): WikimediaFoundation, 2001- [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Fotoluminiscence>
  - [17] *Luminofor*. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): WikimediaFoundation, 2001- [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Luminofor>
  - [18] LAKOWICZ, Joseph R. Principles of fluorescence spectroscopy. 3, ilustrované vydání. [s.l.] : Springer, 2006. 954 s. ISBN 9780387312781.
  - [19] L. Lapčík, P. Pelikán, M. Čeppan: *Fotochemické procesy*, ed. Alfa, 1989, ISBN 80-050-0049-9.
  - [20] *Stokesův posun*. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): WikimediaFoundation, 2001-2012 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/Stokes\\_shift.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/Stokes_shift.png)
  - [21] *Pauliho vylučovací princip*. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): WikimediaFoundation, 2001-2012 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Pauliho\\_vylucovaci\\_princip](http://cs.wikipedia.org/wiki/Pauliho_vylucovaci_princip)
  - [22] LECCOS. *Pauliho vylučovací princip* [online]. 2005-2012 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: <http://leccos.com/index.php/clanky/pauliho-vylucovaci-princip>

- [23] PRÁŠIL, CSc., Doc. Ing. Miroslav a Ing. Bc. Jarmila STUDNIČKOVÁ, PHd. *Pigmentový tisk, leptový tisk* [online]. Liberec: Technická Univerzita v Liberci, 2008 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: [http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/dokumenty/btt\\_2011/BTT\\_8.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/dokumenty/btt_2011/BTT_8.pdf)
- [24] PRÁŠIL, CSc., Doc. Ing. Miroslav a Ing. Bc. Jarmila STUDNIČKOVÁ, PHd. *Kupírování tiskacích past* [online]. Liberec: Technická Univerzita v Liberci, 2008 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: [http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/dokumenty/btt\\_2011/BTT\\_7.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/dokumenty/btt_2011/BTT_7.pdf)
- [25] VACEK, CSc., Doc. RNDr. Karel, RNDr. Jaroslav PANTOFLÍČEK, CSc. a Otakar JELÍNEK, PROM. FYZIK. *Luminiscence II*. 1.vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1972. ISBN 17-296-72.
- [26] INERÁLNÍ PIGMENTY A BARVIVA. INSTITUT GEOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA, Katedra stavebnictví hmot a hornického stavitelství Fakulta stavební, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. *Pigmenty a barviva* [online]. 200 [cit. 2012-06-26]. Dostupné z: [http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/pigmenty\\_barviva.html](http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/pigmenty_barviva.html)
- [27] GYMNÁZIUM & SOŠPG LIBEREC JERONÝMOVA. *Pigmenty* [online]. 2000 [cit. 2012-06-27]. Dostupné z: <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/barva/a/p.htm>
- [28] ROŽAN, Josef - VANÍČEK, Otakar. *Pigmenty práškové barvy*. Praha : SNTL, 1959. 369 s.
- [29] VACEK, Karel - PANTOFLÍČEK, Jaroslav. *Luminiscence : Určeno pro posl. přírodověd. a matematicko-fyzikální fak. 1. [díl. 1. vyd. Praha : SPN, 1967. 182 s. Učební texty vys. škol.*
- [30] INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. *Compendium of Chemical Terminology: Gold Book* [online]. 2012 [cit. 2012-09-05]. Dostupné z: <http://goldbook.iupac.org/PDF/goldbook.pdf>
- [31] Principy fluorescenční spektroskopie. *Principy fluorescenční spektroskopie* [online]. 2010 [cit. 2012-09-05]. Dostupné z: <http://psych.lf1.cuni.cz/fluorescence/soubory/principy.htm>
- [32] Luminiscenční metody. *Luminiscenční metody* [online]. 2000 [cit. 2012-09-05]. Dostupné z: [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Luminiscen%C4%8Dn%C3%AD\\_metody](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Luminiscen%C4%8Dn%C3%AD_metody)

- [33] Fluorimetrie. *Fluorimetrie* [online]. 2005 [cit. 2012-09-05]. Dostupné z: [http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD\\_DS4/hypertext/JVAAH.htm](http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD_DS4/hypertext/JVAAH.htm)
- [34] 超长余辉发光粉 >> 超长余辉发光粉 . ALL RIGHTS RESERVED. *ShandongLunboLuminousProductsCo.,Ltd* [online]. 2010 [cit. 2012-11-07]. Dostupné z: <http://www.lunbo.com>
- [35] *Anonymous: Sítotisk* [online]. 2007-2012 [cit. 2012-11-07]. Dostupné z: <http://www.potisky-na-tricka.cz/sitotisk.html>
- [36] *Lonicera japonica* Thunberg in Murray - zimolez japonský japonsky すいかずら (吸葛) suikazura. *Rostliny střední Evropy a Japonska* [online]. 2012 [cit. 2012-11-26]. Dostupné z: <http://rostliny.nikde.cz/rostliny-japonska/601/Lonicera-japonica-thunberg-in-murray-zimolez-japonsky-japonsky-suikazura>
- [37] *Liriope muscari* (Decaisne) L. H. Bailey (L. platyphylla F. T. Wang & T. Tang) japonsky yaburan 薺蘭. *Rostliny střední Evropy a Japonska* [online]. 2012 [cit. 2012-11-26]. Dostupné z: <http://rostliny.nikde.cz/rostliny-japonska/718/liriope-muscari-decaisne-l-h-bailey-l-platyphylla-f-t-wang-t-tang-japonsky-yaburan>
- [38] Něžné květy sakury. *IREceptář.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-11-26]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/zahrada/okrasna-zahrada/nezne-kvety-sakury/>
- [39] Otake Japanese Calligraphy. *Otake Japanese Calligraphy* [online]. 15.2.1996 [cit. 2012-11-26]. Dostupné z: <http://www5.big.or.jp/~otake/hey/kanji/fude20.htm>
- [40] Magic the Gathering. *Magic: the Gathering* [online]. 2011 [cit. 2012-11-26]. Dostupné z: <http://www.wizards.com/Magic/Summoner/>
- [41] Magazín zahrada: Rybičky v zahradním jezírku. *Magazín zahrada* [online]. 24. 03. 2011 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: <http://www.magazinzahrada.cz/zahradni-jezirka/rybicky-v-zahradnim-jezirku.html>

## 10. Příloha

### 10.1. Chlapecké oblečení



*Obr. 31 Ukázka chlapeckého oblečení*



*Obr. 32 Ukázka chlapeckého oblečení*





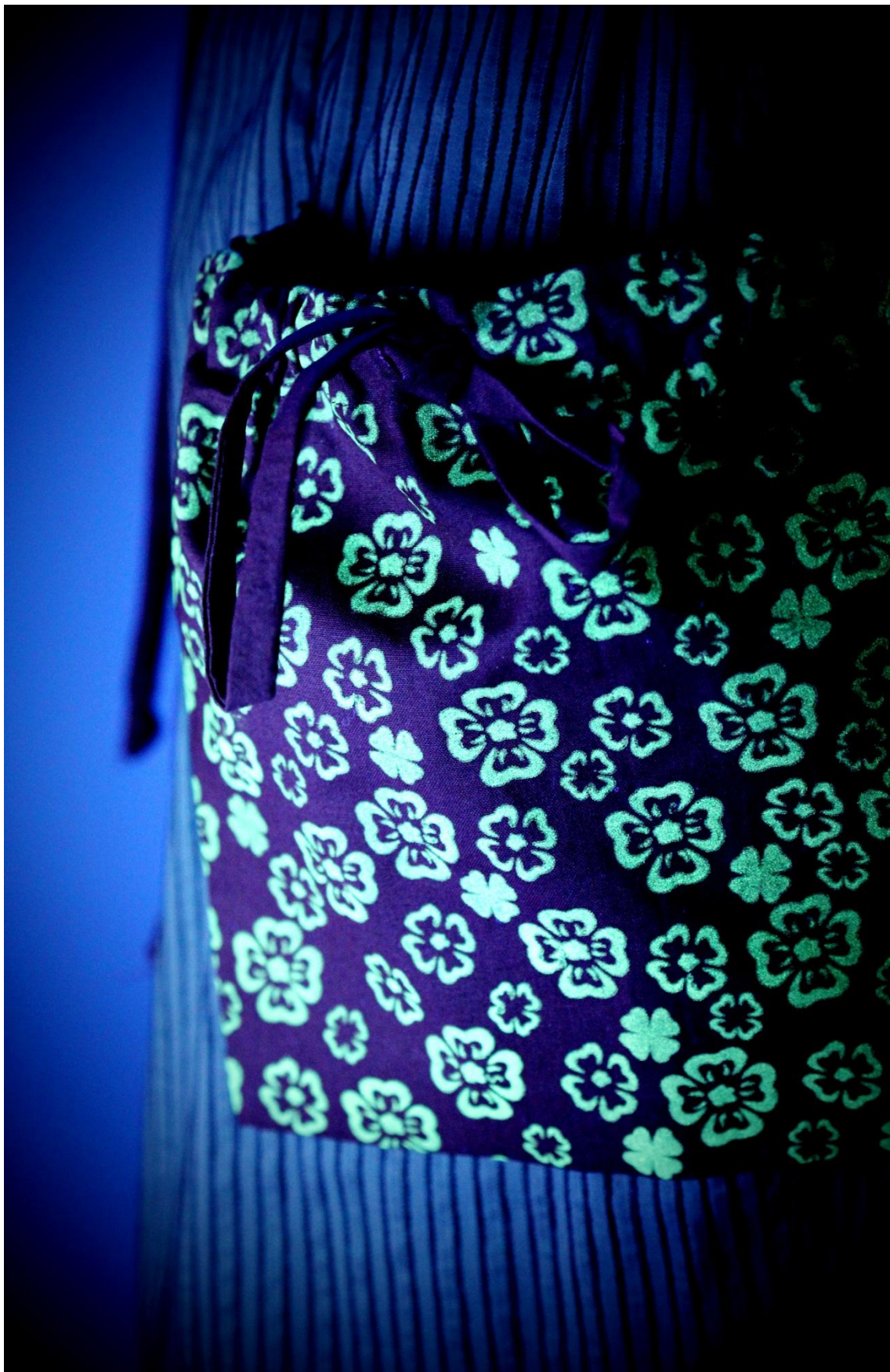
*Obr. 33 Ukázka chlapeckého oblečení*

## 10.2. Dívčí oblečení



*Obr. 34 Ukázka dívčího oblečení*





*Obr. 35 Ukázka dívčího oblečení*



### 10.3. Dětské oblečení



*Obr. 36 Ukázka dětského oblečení*



*Obr. 37 Ukázka dětského oblečení*





*Obr. 38 Ukázka dětského oblečení*



*Obr. 39 Ukázka dětského oblečení*





*Obr. 40 Ukázka dalšího použití potisknuté textilie, využití na doplňku - čelenka*

#### 10.4. Dámské oblečení



*Obr. 41 Ukázka dámského oblečení*



*Obr. 42 Ukázka dámského oblečení*





*Obr. 43 Ukázka dalšího použití fosforescenčního pigmentu, využití na doplňku – vlasová spona*



## 10.5. Pánské oblečení



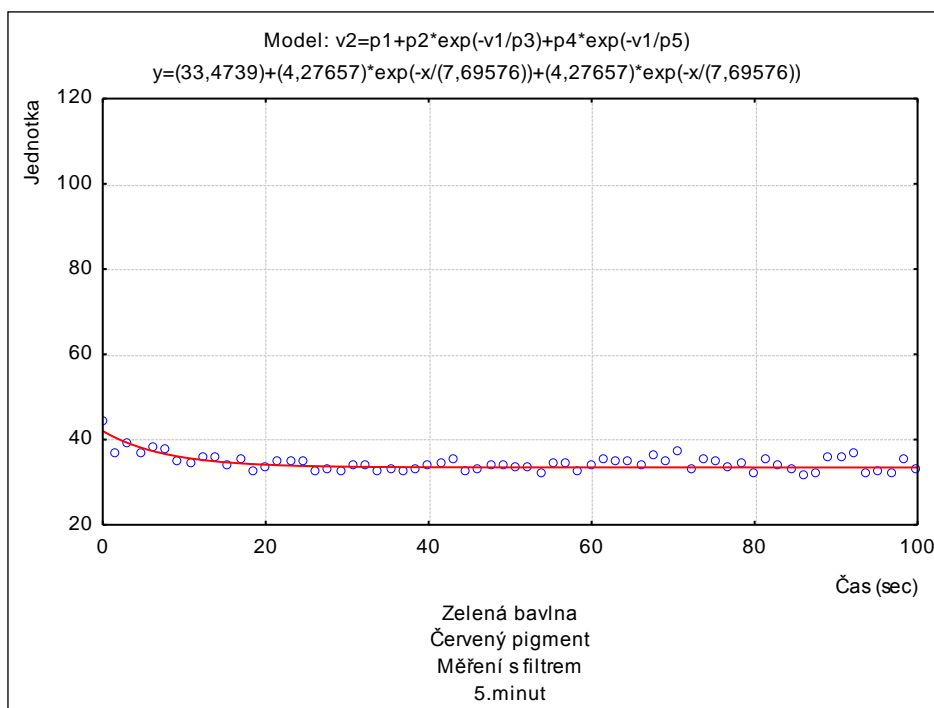
*Obr. 44 Ukázka dpánského oblečení*



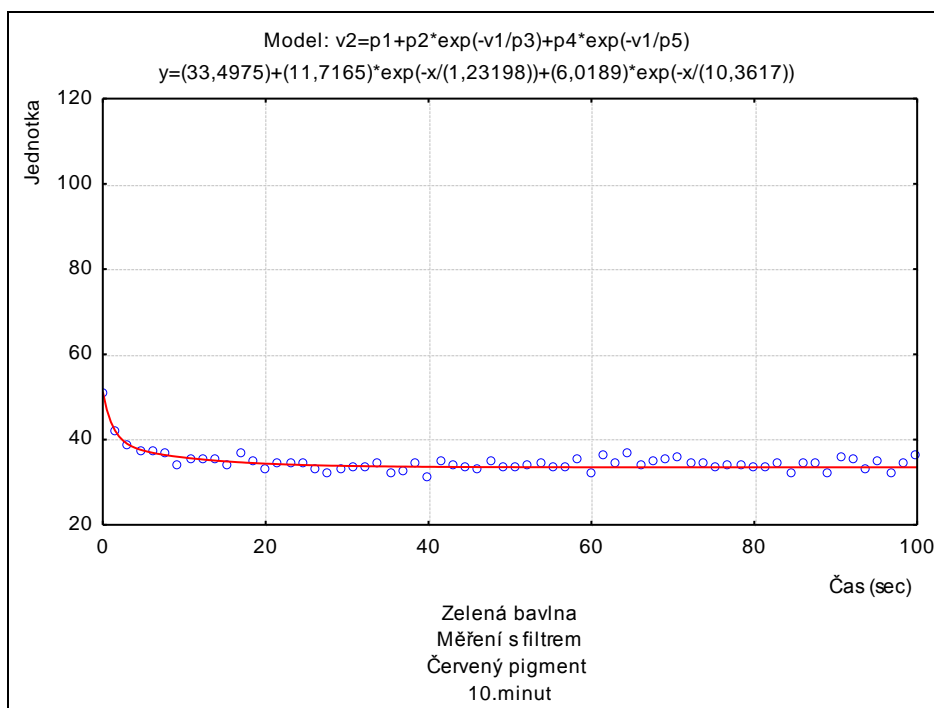
*Obr. 45 Ukázka pánského oblečení*

## 10.6. Výsledky z programu STATISTICA

Popisky jsou rozdílné od tabulek, bylo použito vlastního označení

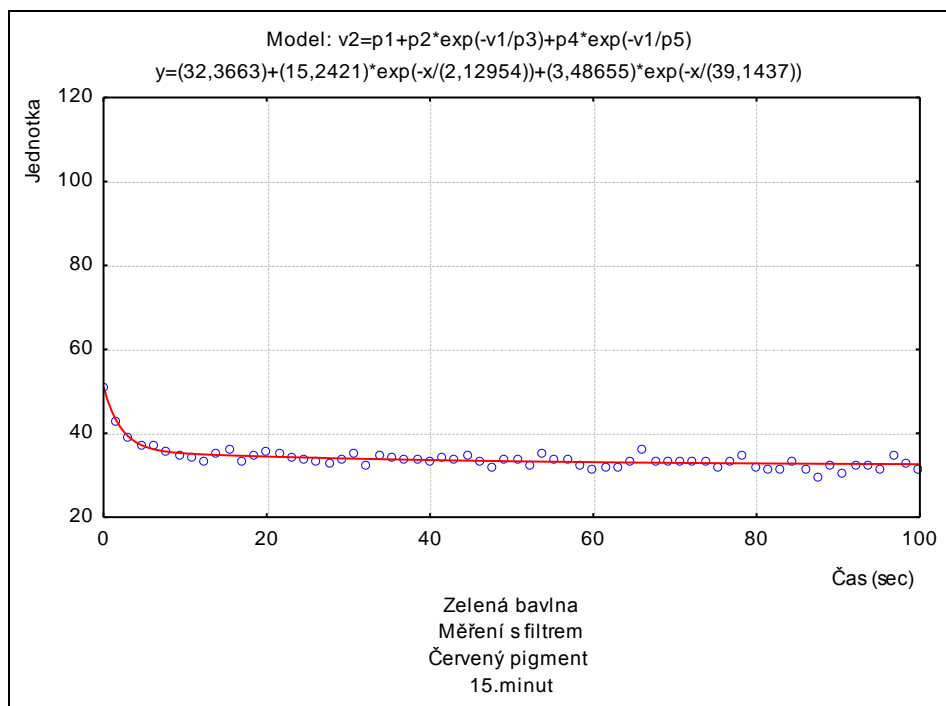


**Graf 14** Graf z programu Statistika

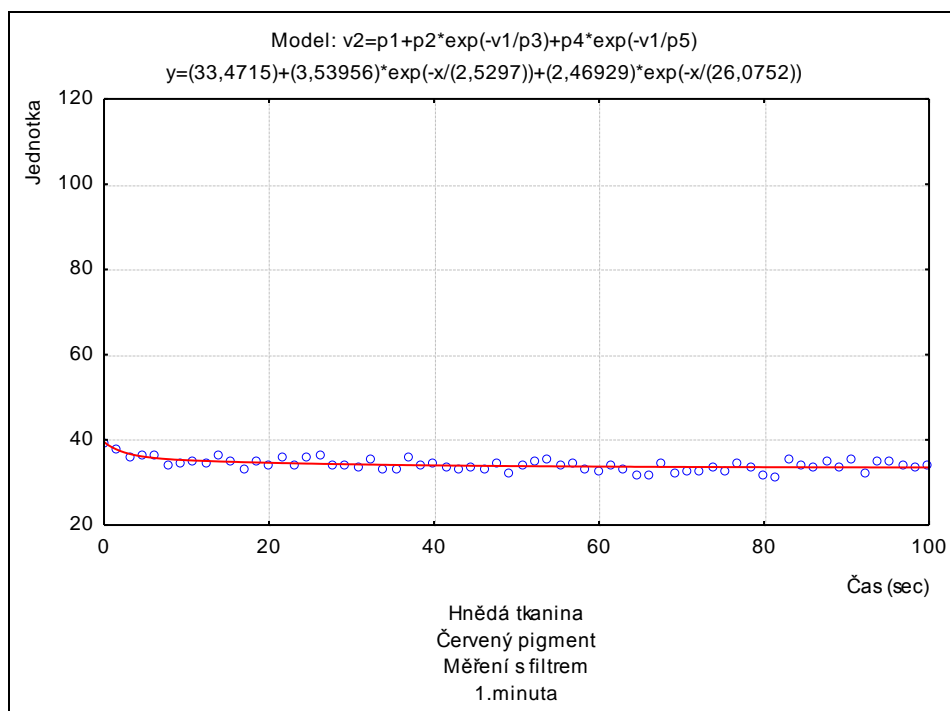


**Graf 15** Graf z programu Statistika

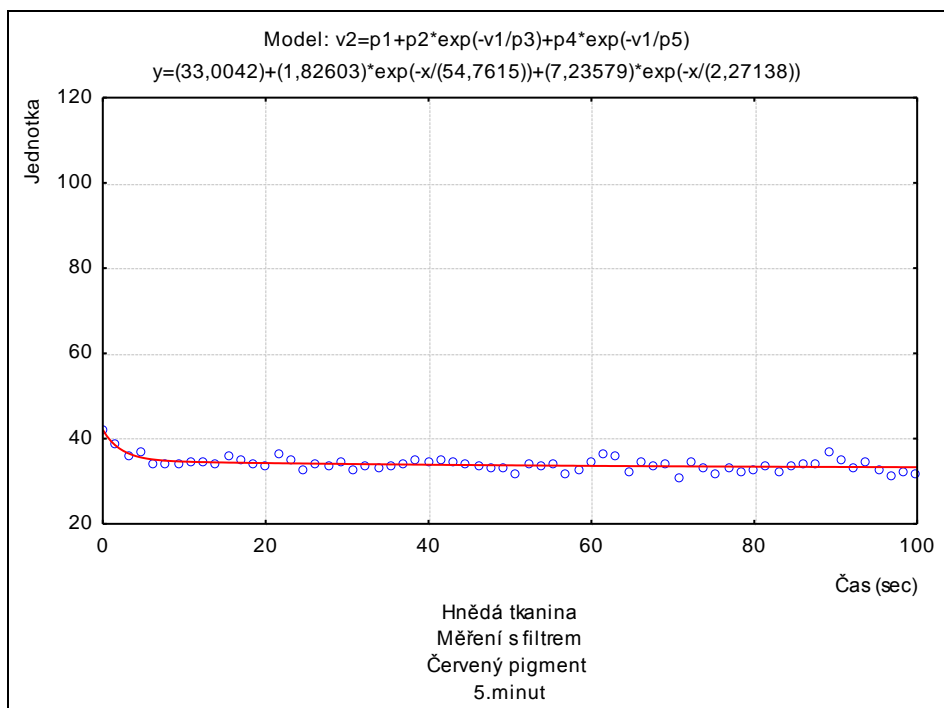




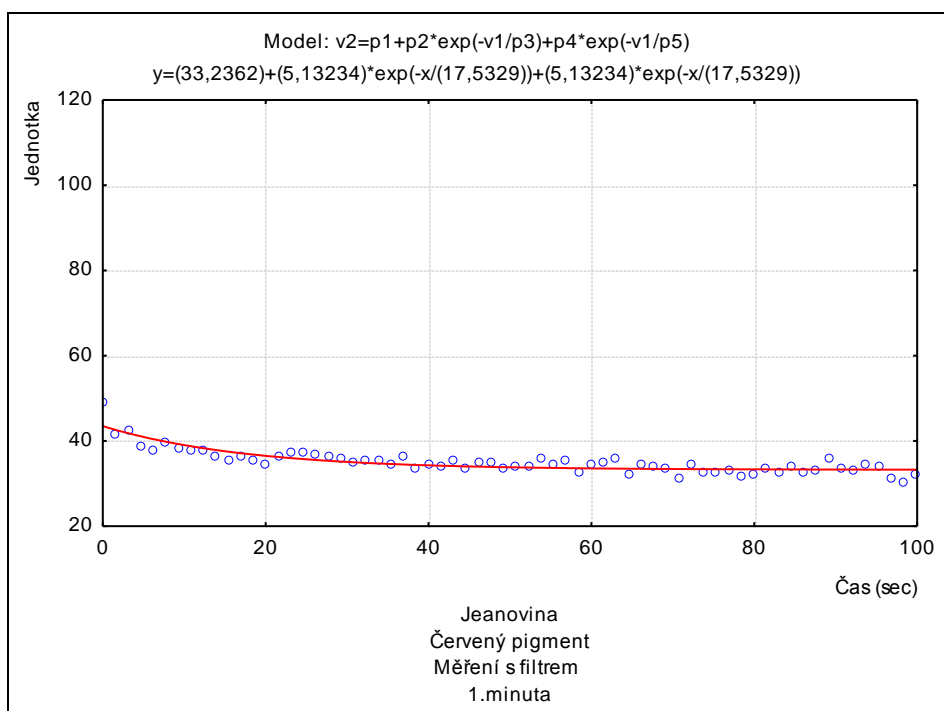
**Graf 16** Graf z programu Statistika



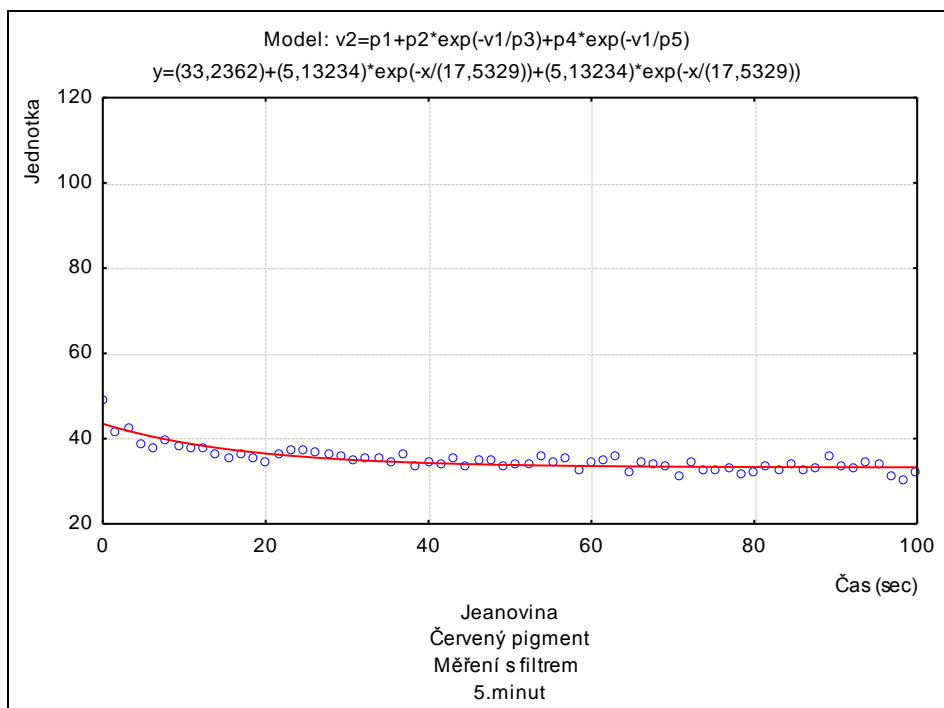
**Graf 17** Graf z programu Statistika



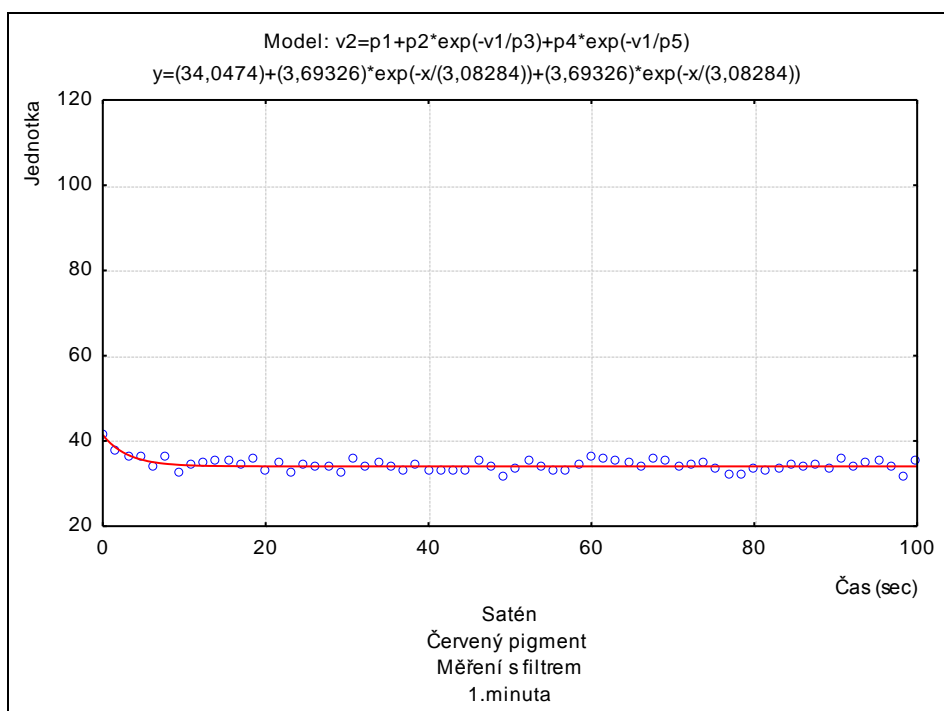
**Graf 18** Graf z programu Statistika



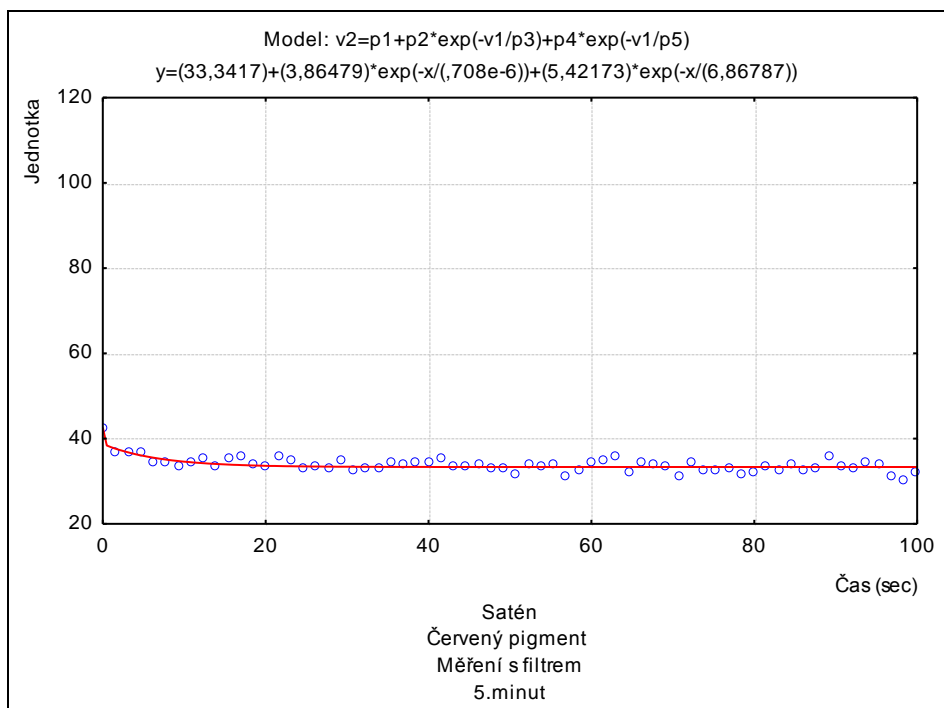
**Graf 19** Graf z programu Statistika



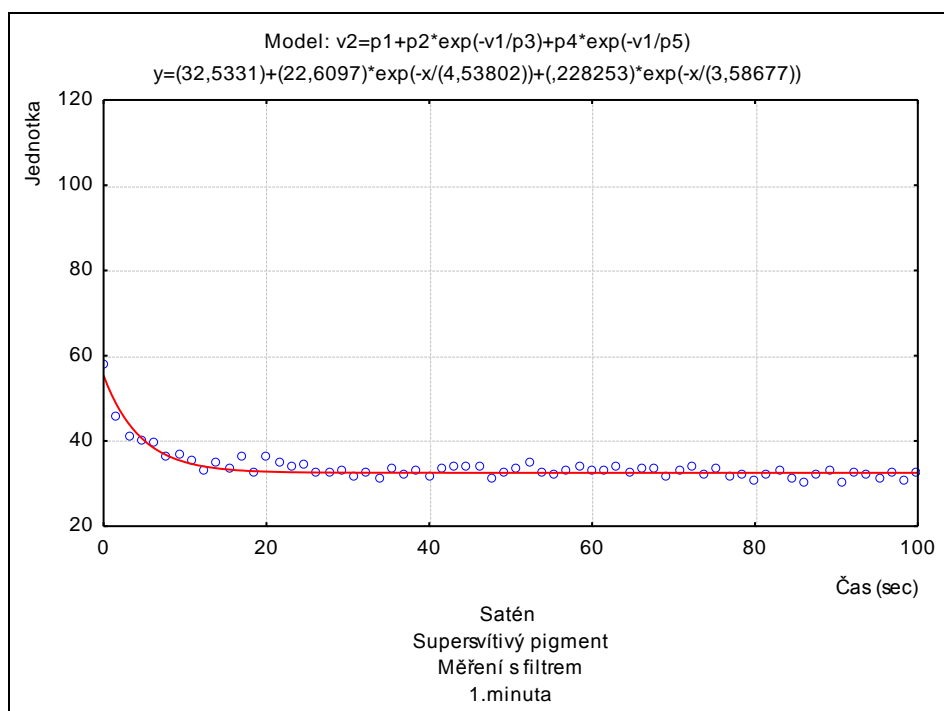
**Graf 20** Graf z programu Statistika



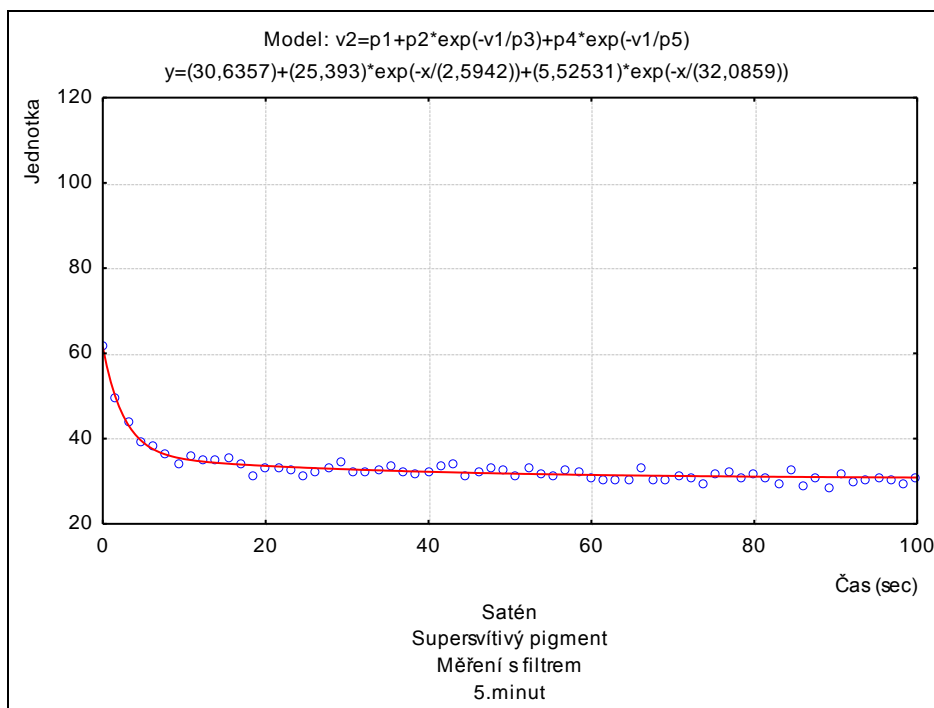
**Graf 21** Graf z programu Statistika



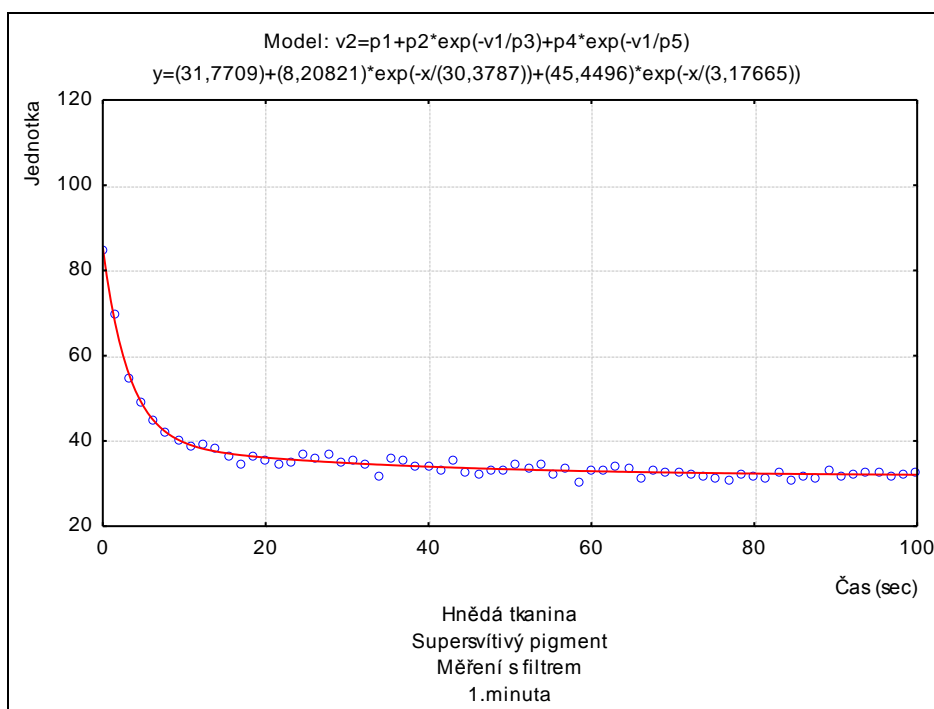
**Graf 22** Graf z programu Statistika



**Graf 23** Graf z programu Statistika

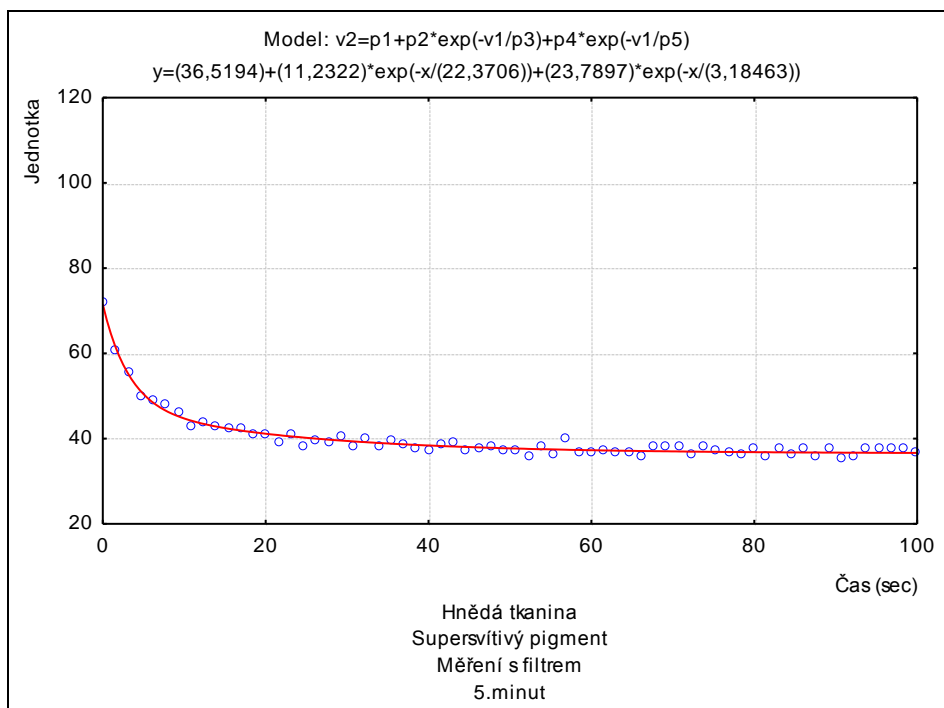


**Graf 24** Graf z programu Statistika

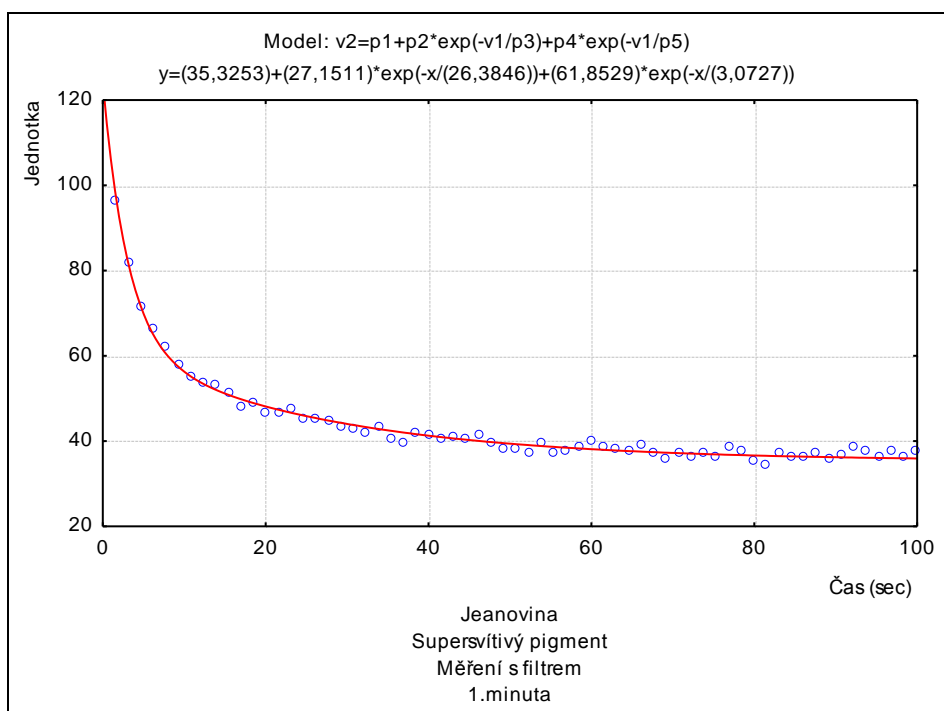


**Graf 25** Graf z programu Statistika

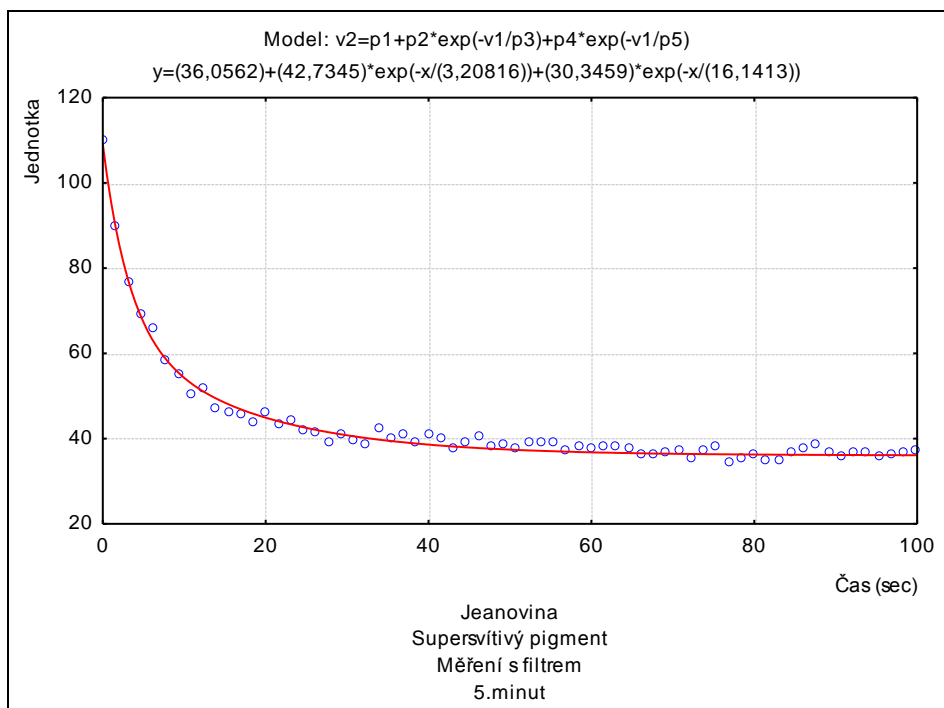




**Graf 26** Graf z programu Statistika

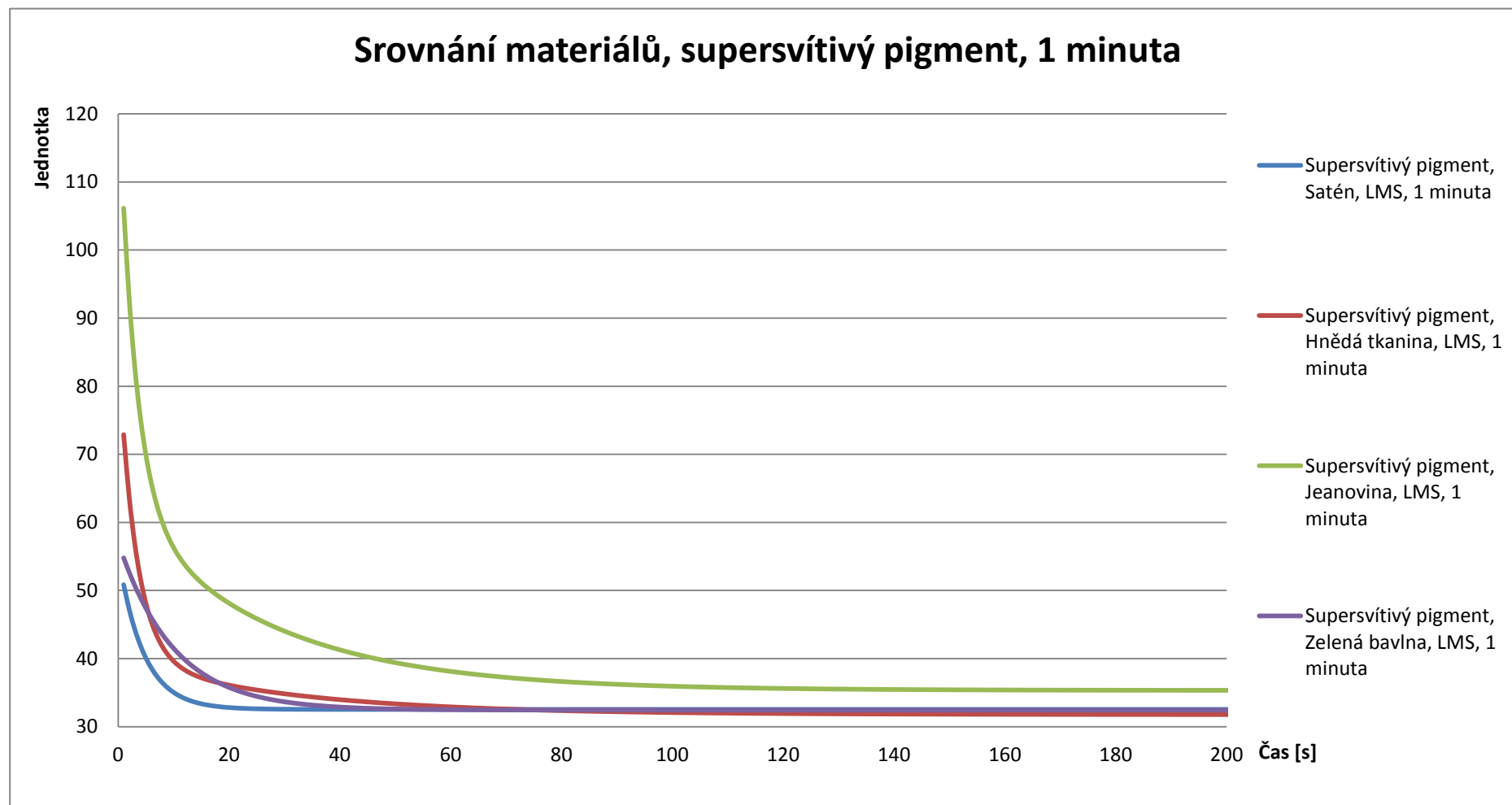


**Graf 27** Graf z programu Statistika



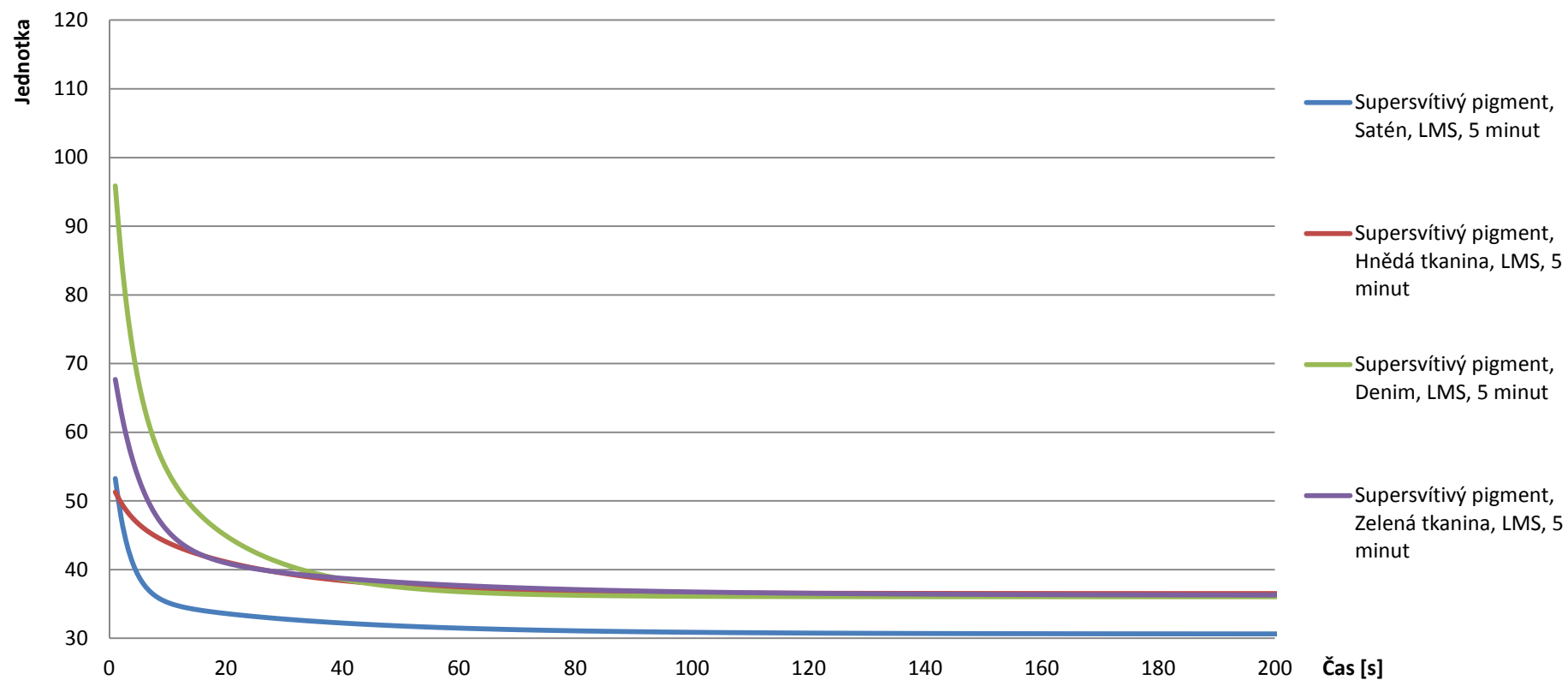
**Graf 28** Graf z programu Statistika

## 10.7. Grafy k výsledkům

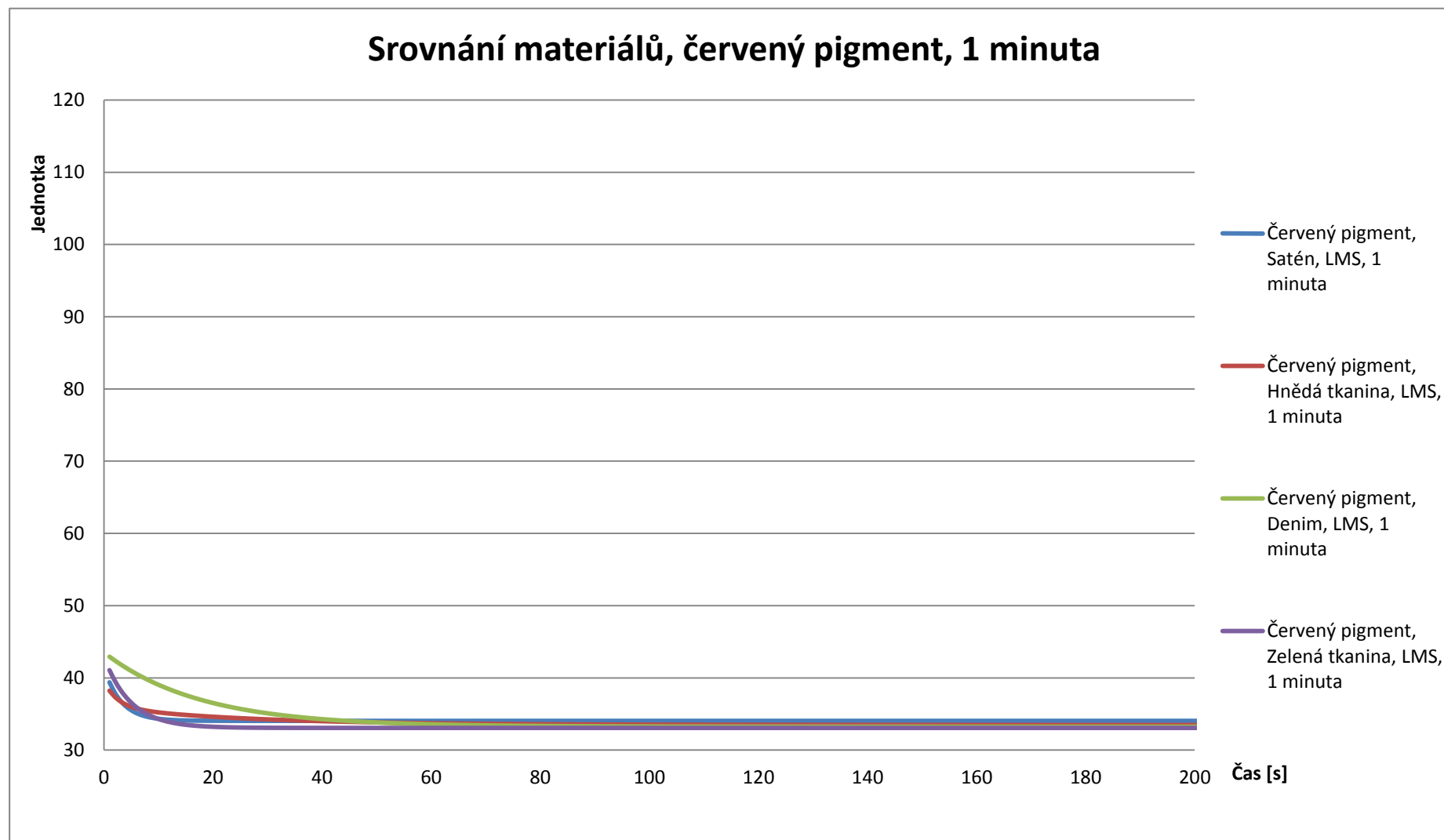


Graf 29 Graf k tabulce 11

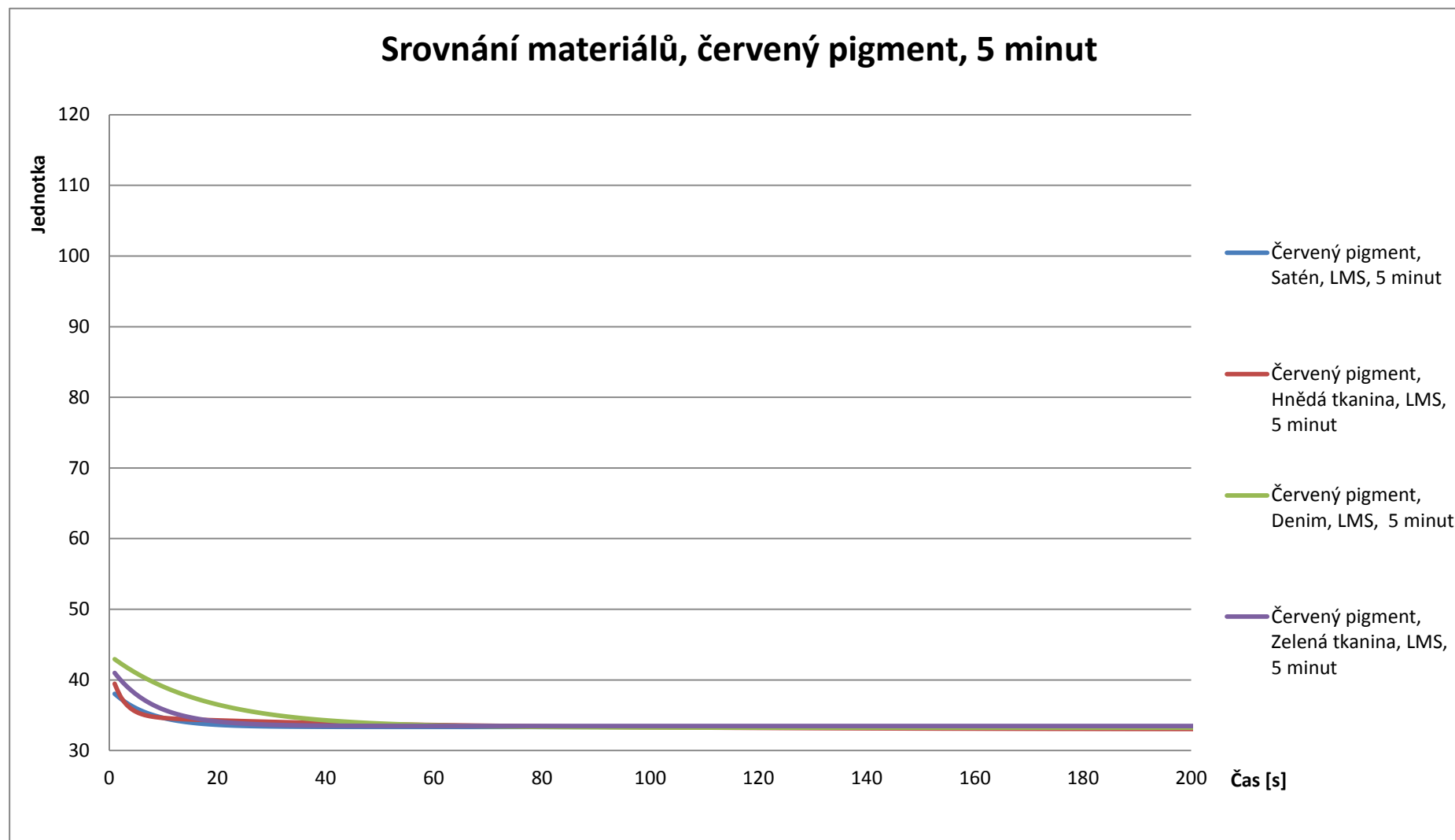
## Srovnání materiálů, Supersvítivý pigment, 5 minut



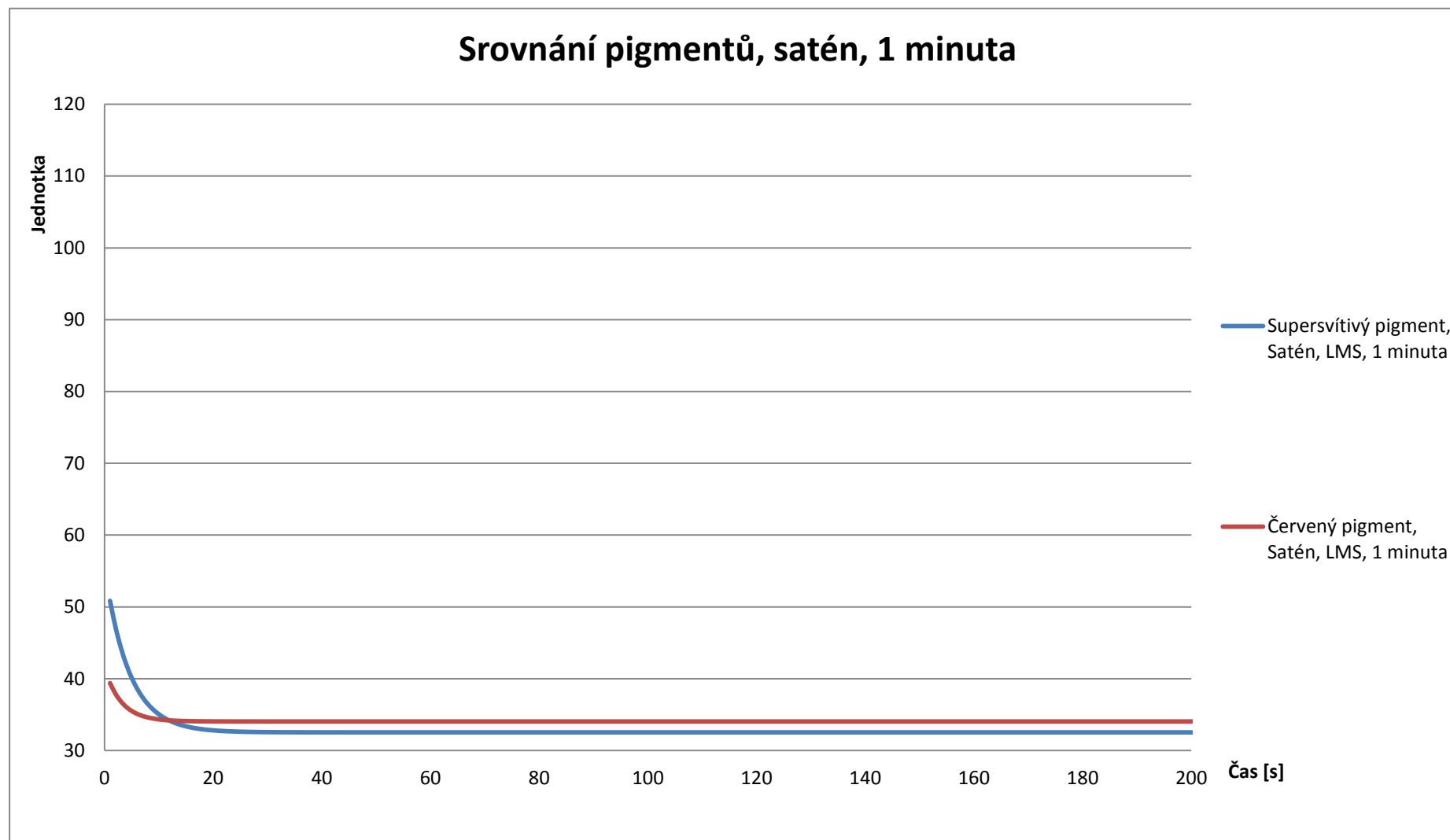
Graf 30 Graf k tabulce 12



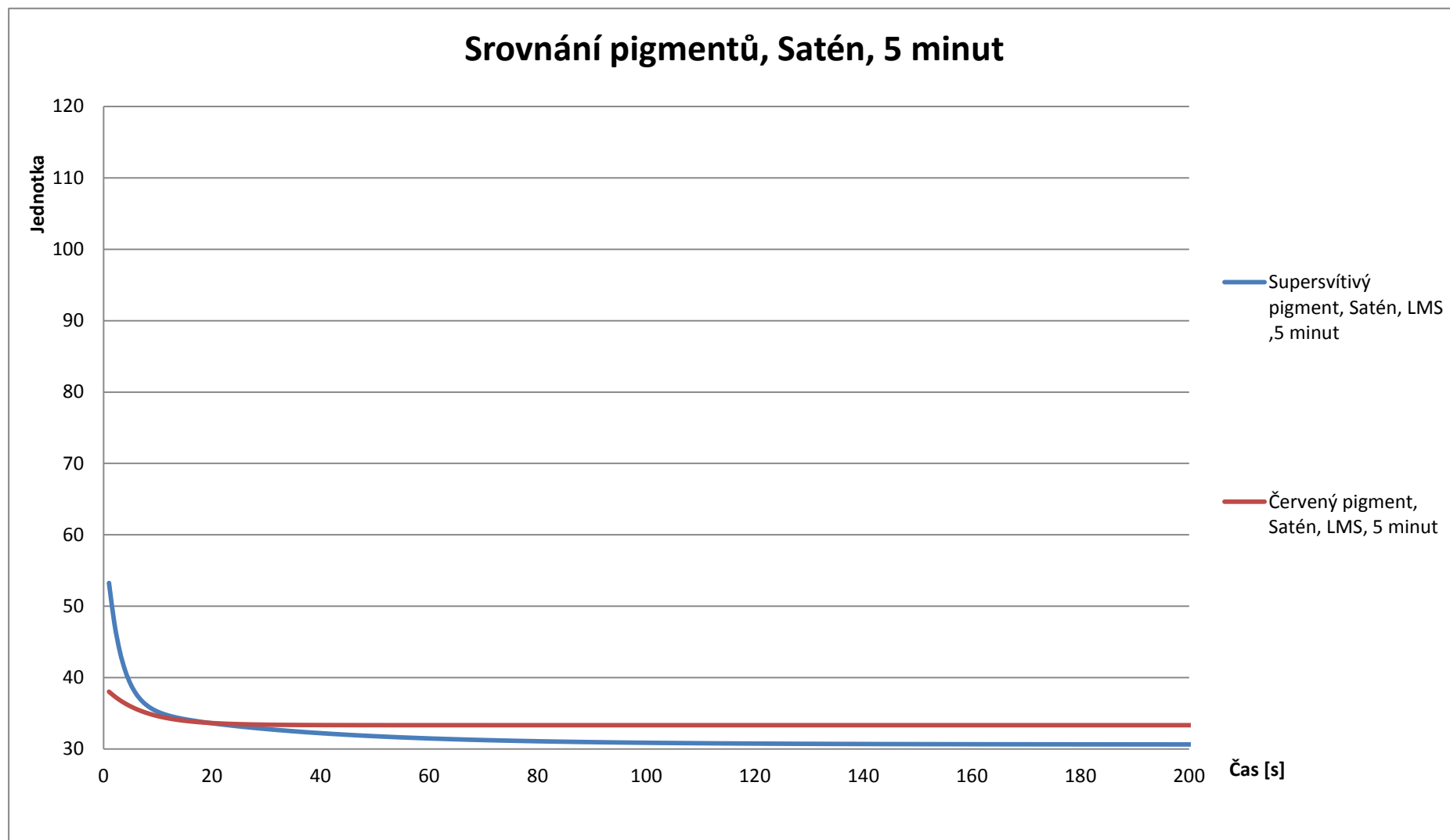
Graf 31 Graf k tabulce 13



Graf 32 Graf k tabulce 14

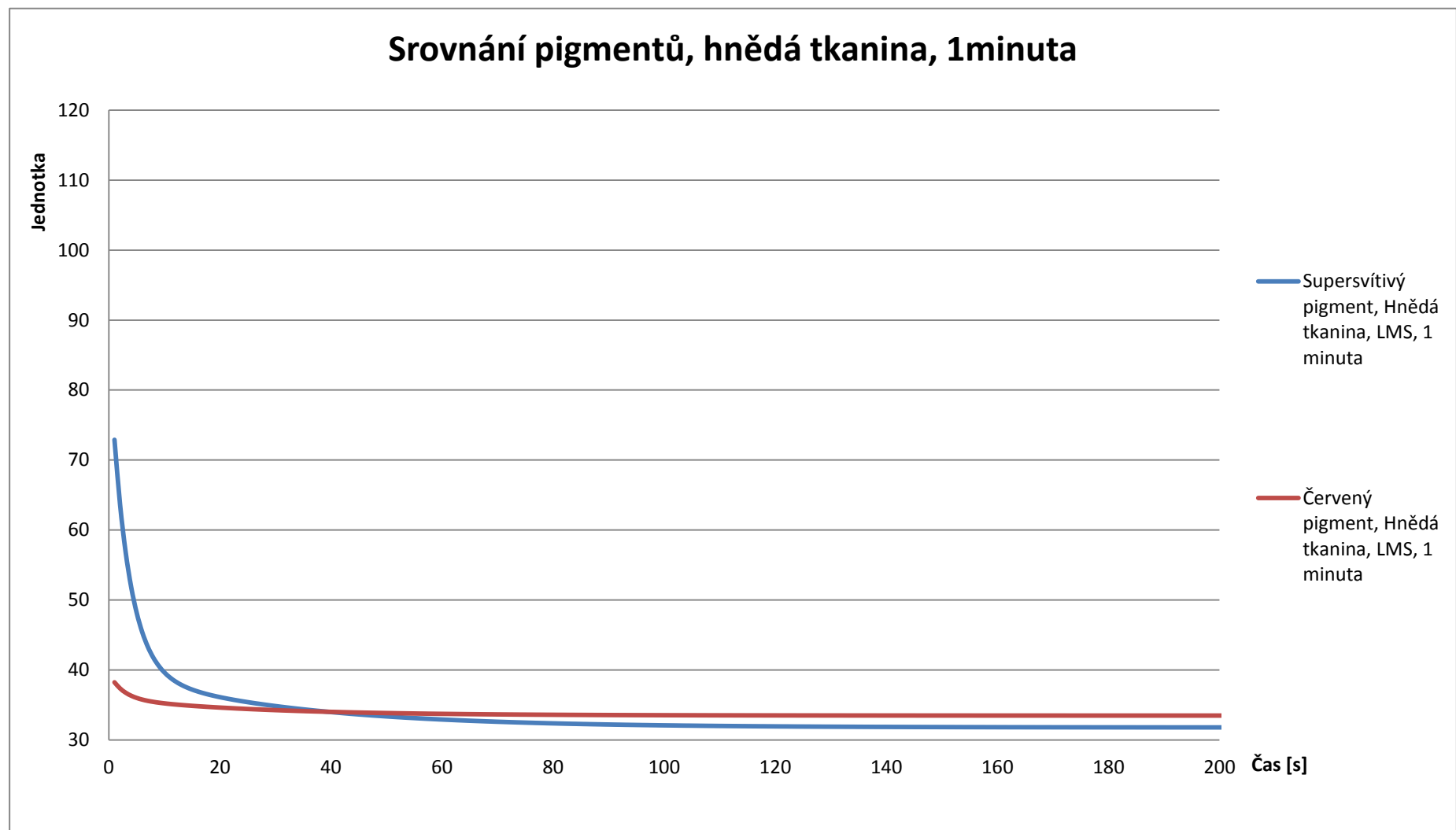


Graf 33 Graf k tabulce 15

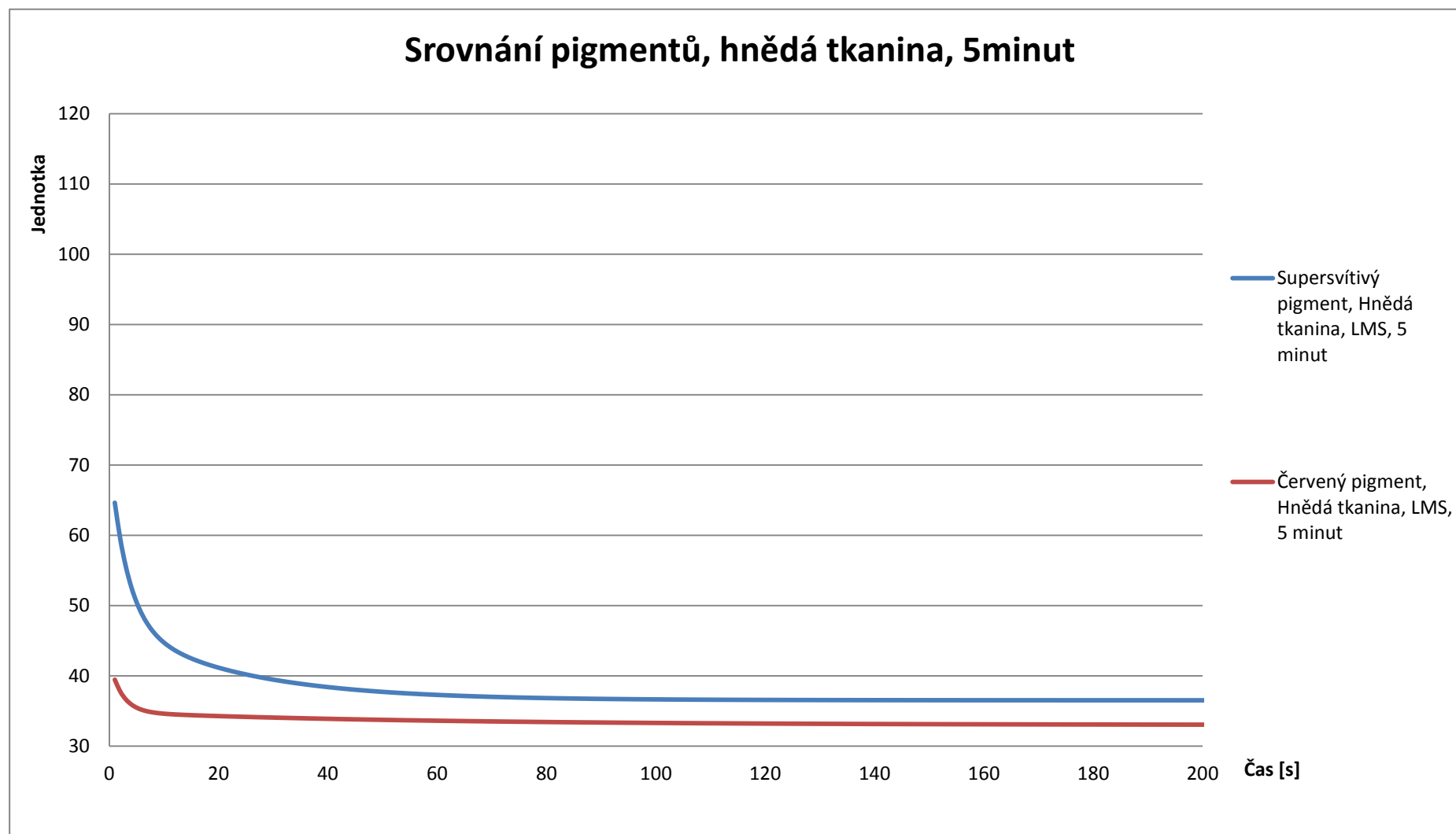


Graf 34 Graf k tabulce 16

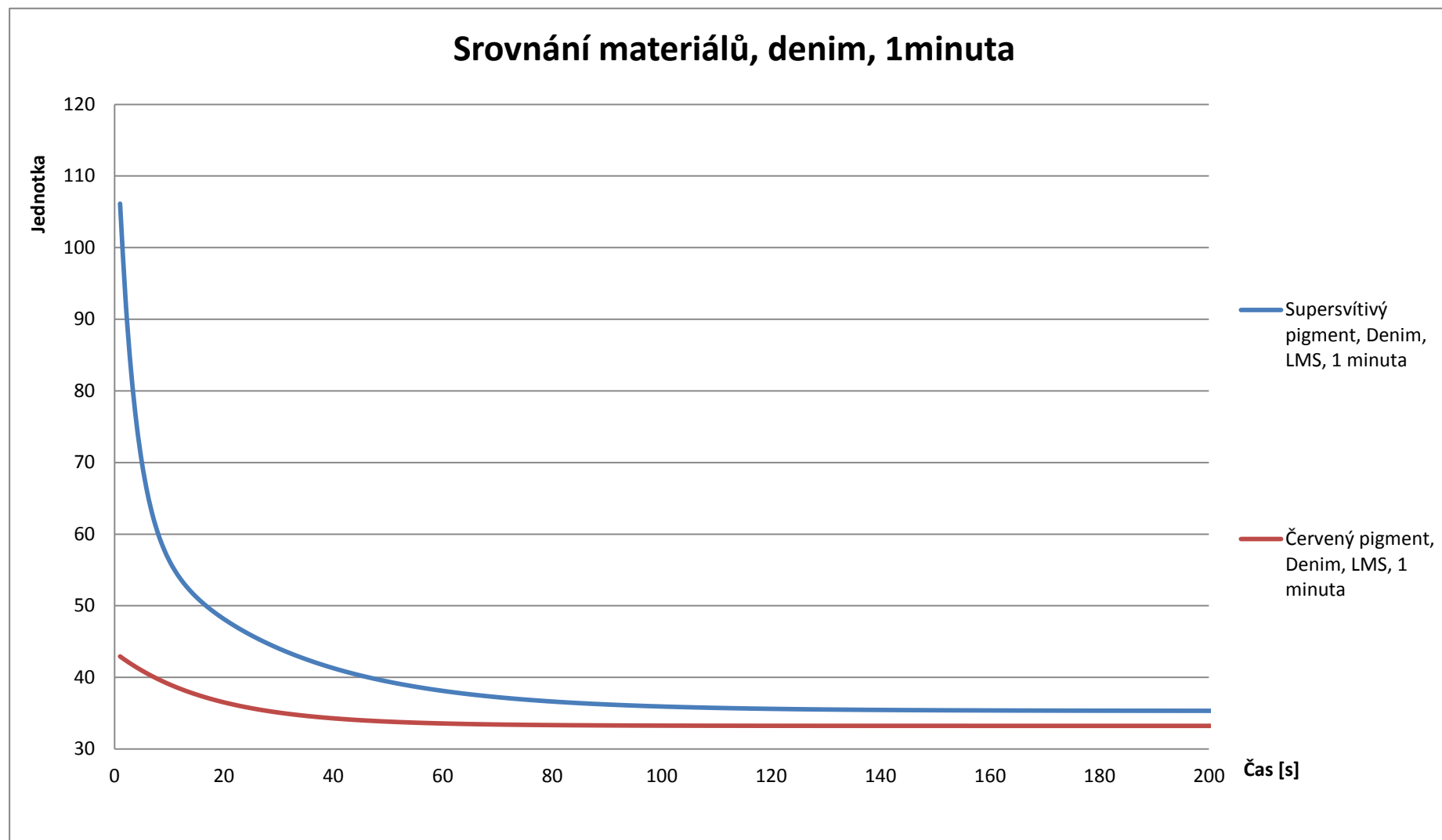




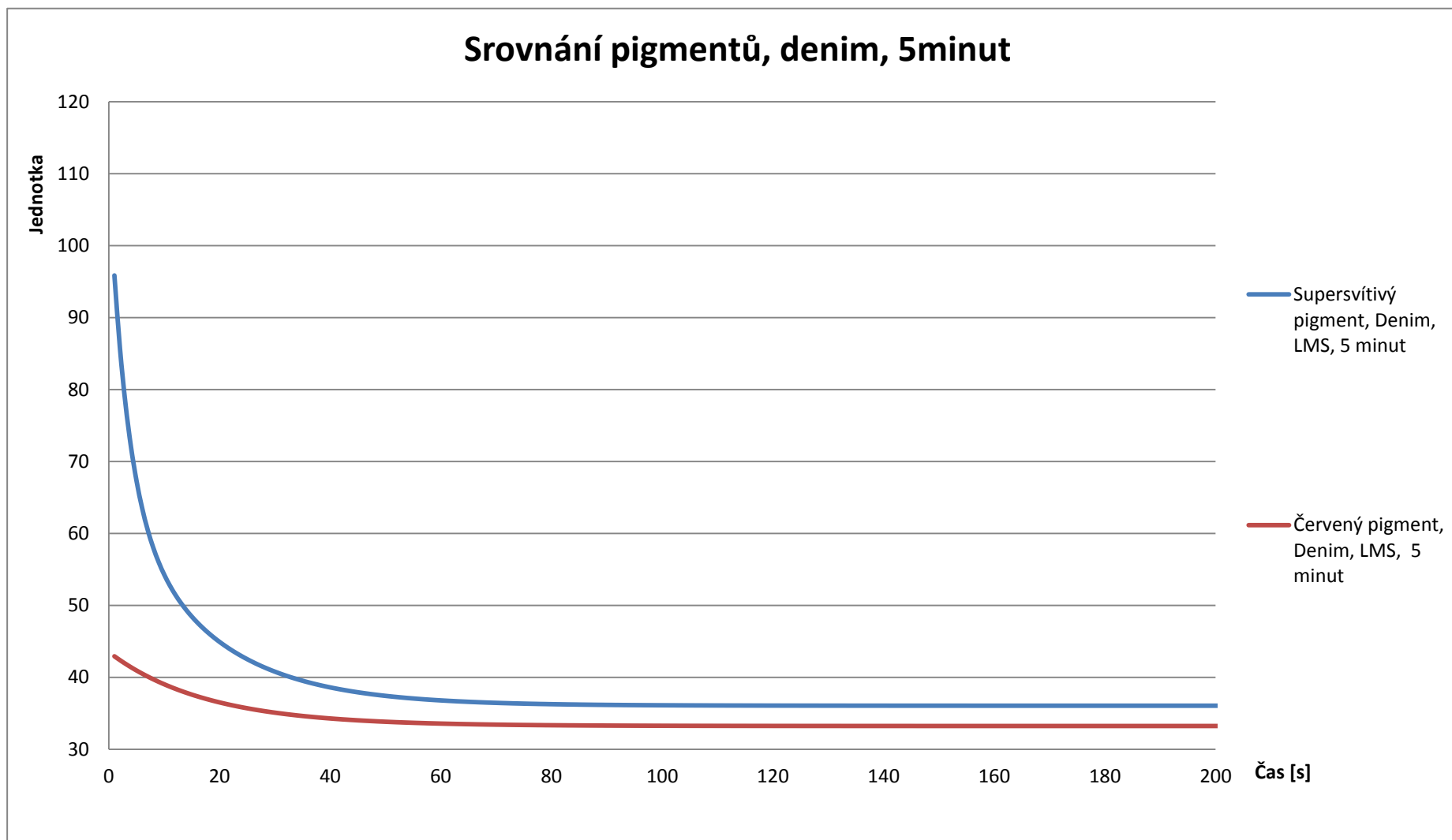
Graf 35 Graf k tabulce 17



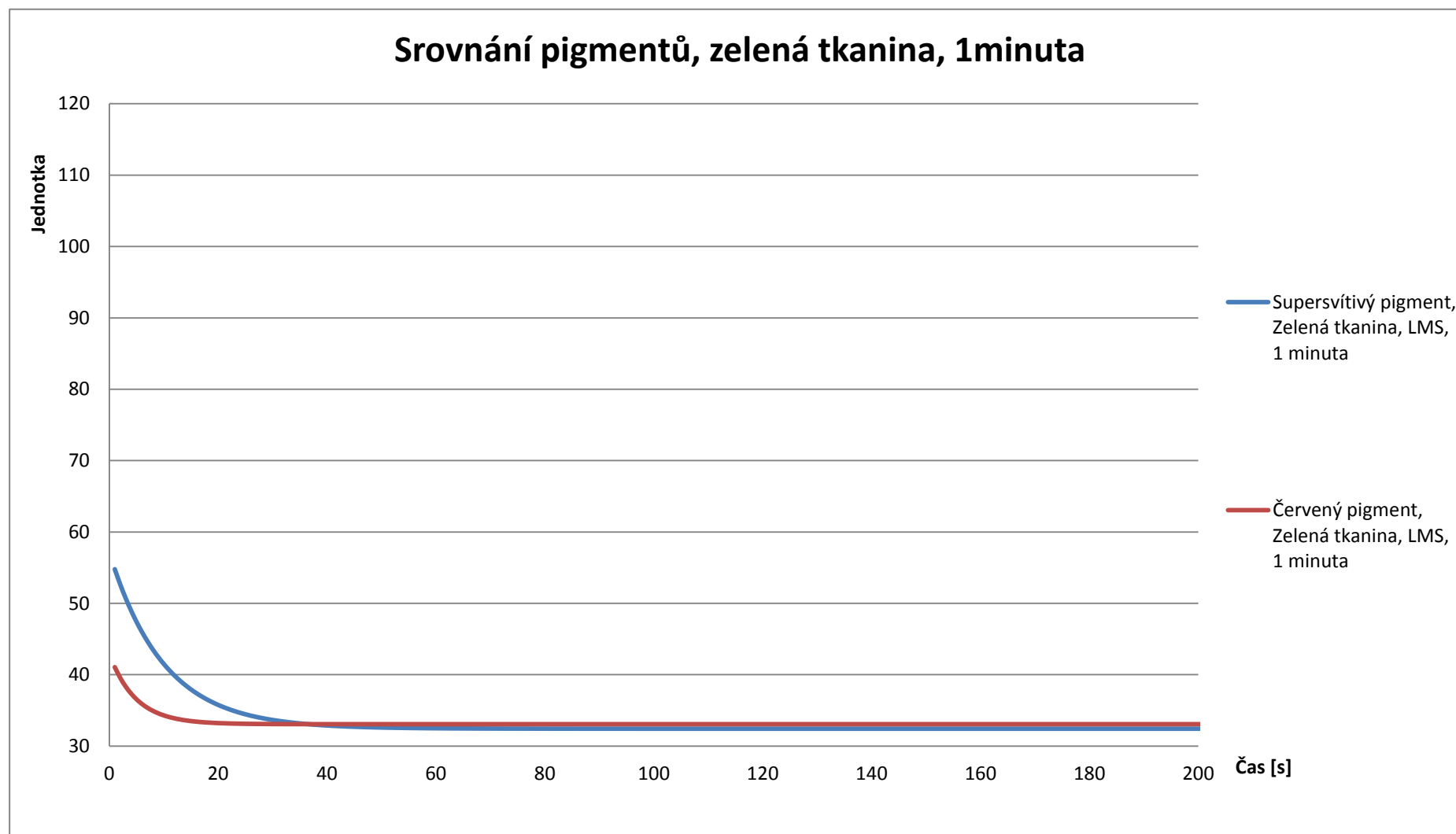
Graf 36 Graf k tabulce 18



Graf 37 Graf k tabulce 19

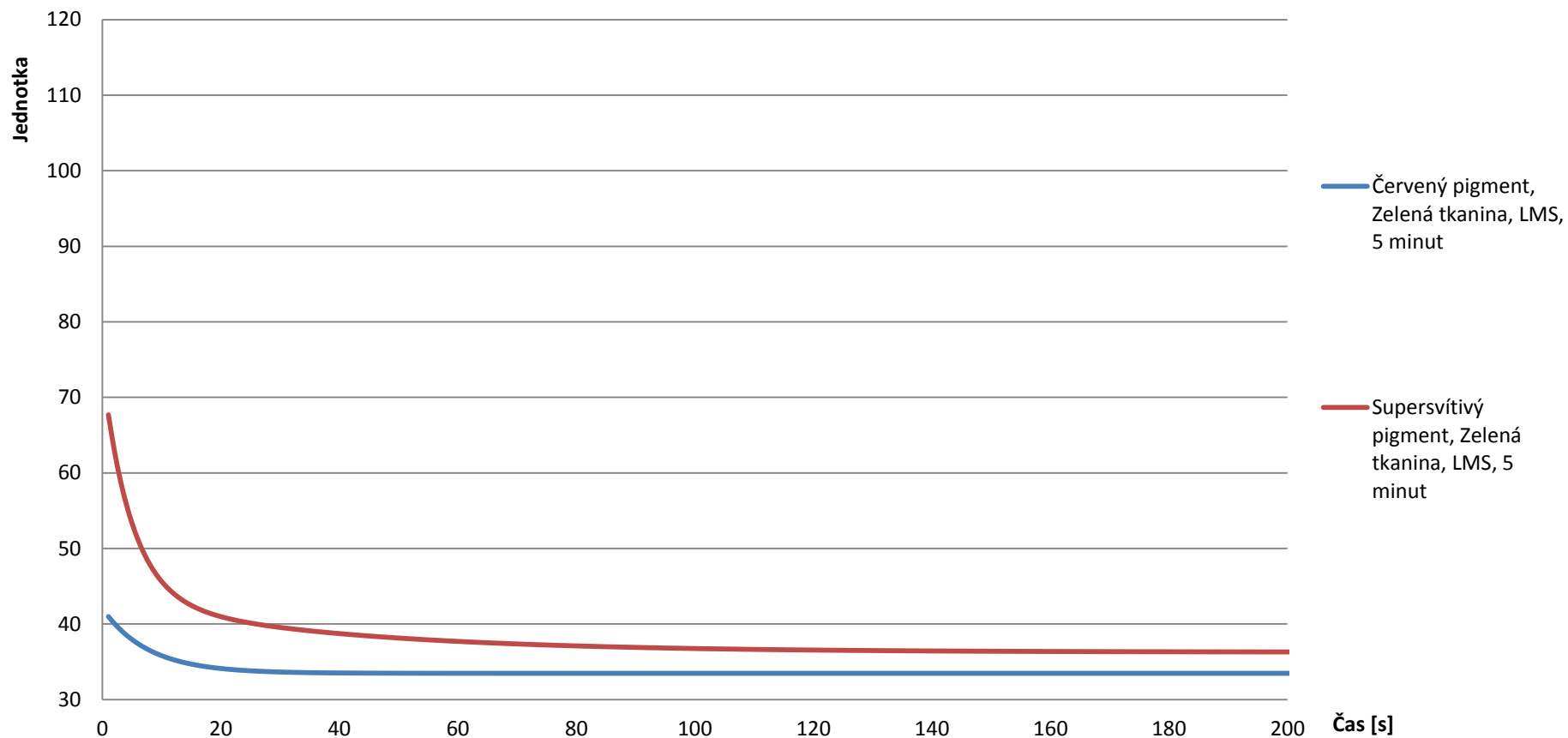


Graf 38 Graf k tabulce 20

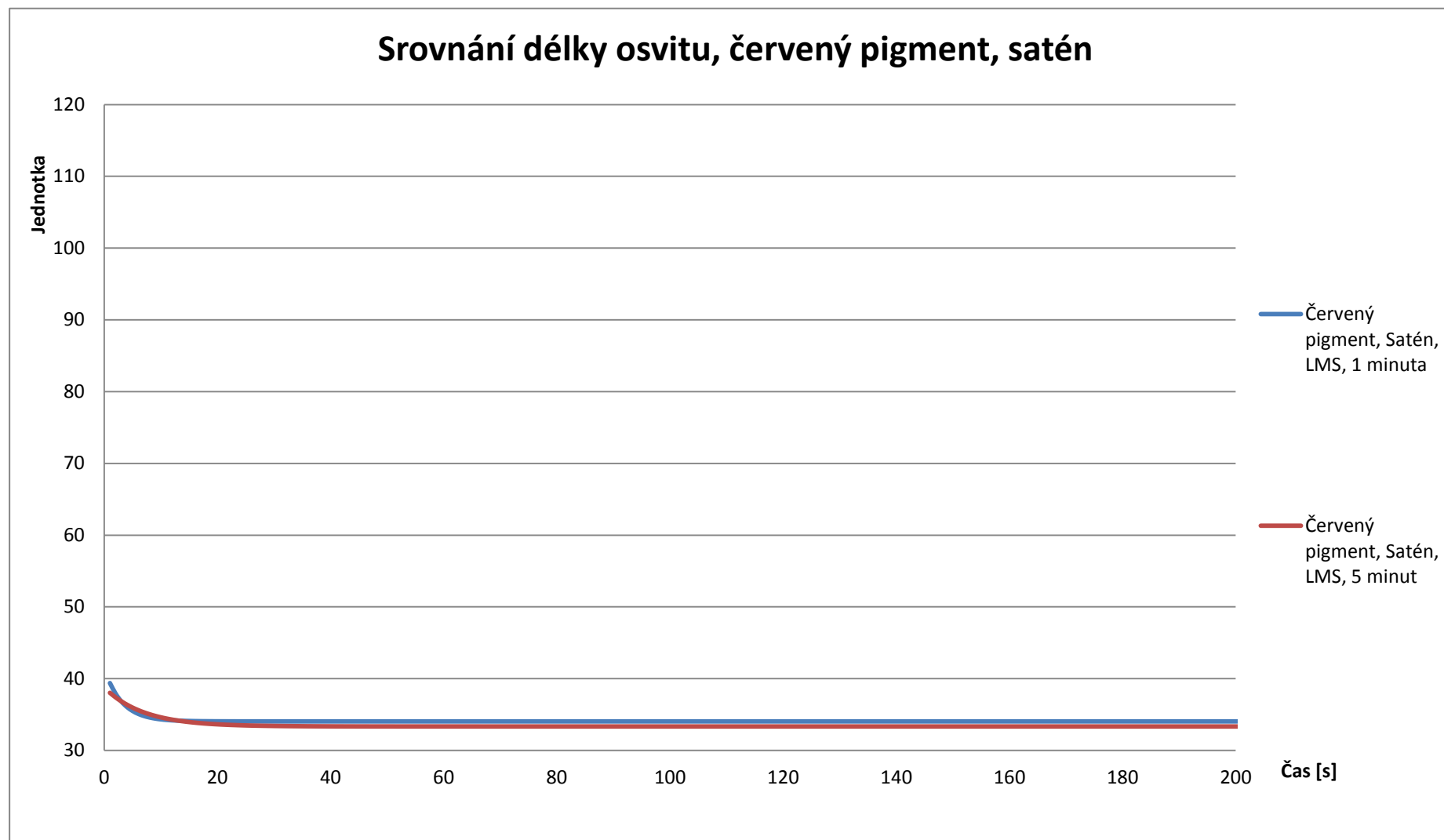


Graf 39 Graf k tabulce 21

## Srovnání pigmentů, zelená tkanina, 5minut

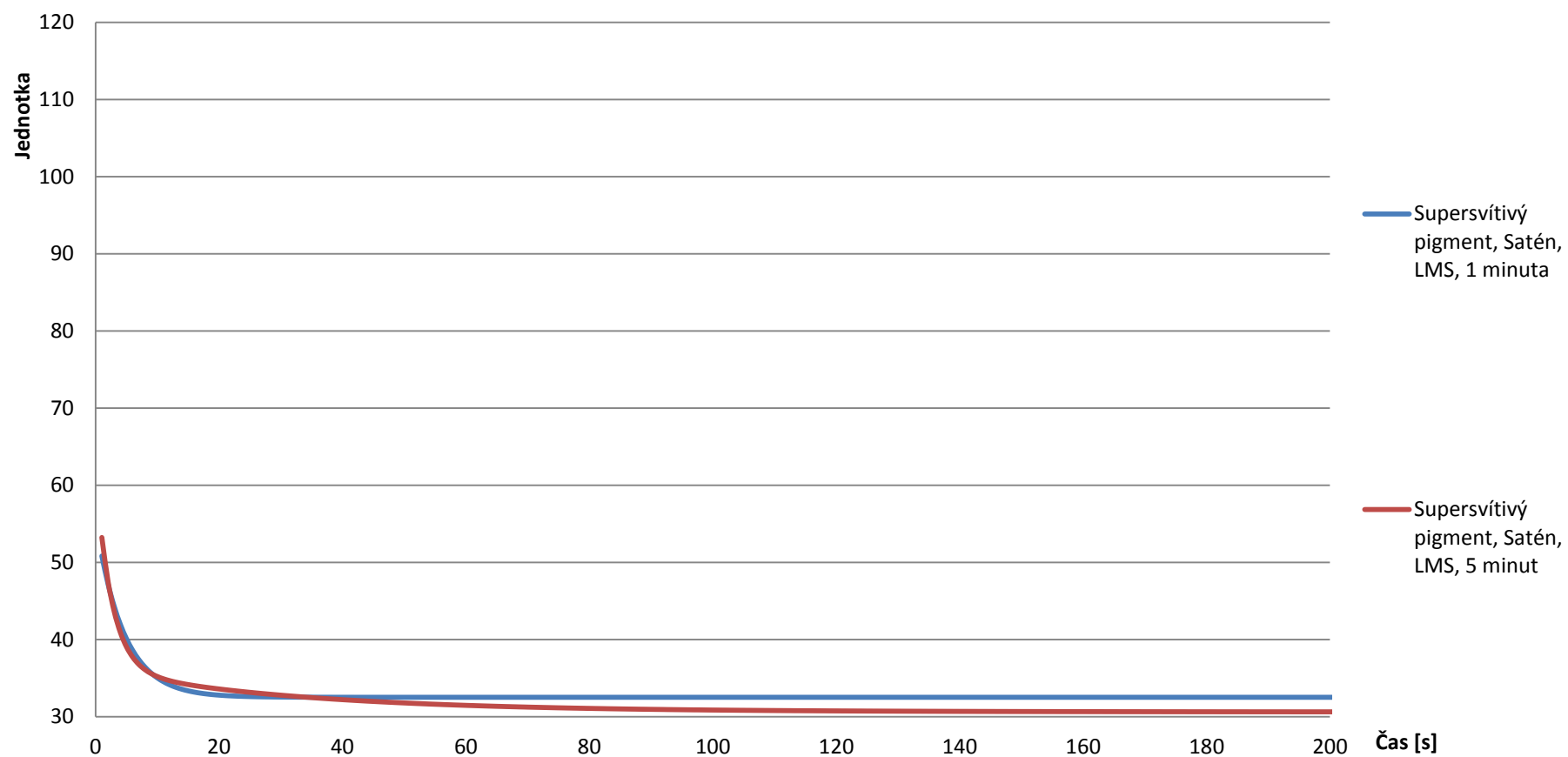


Graf 40 Graf k tabulce 22



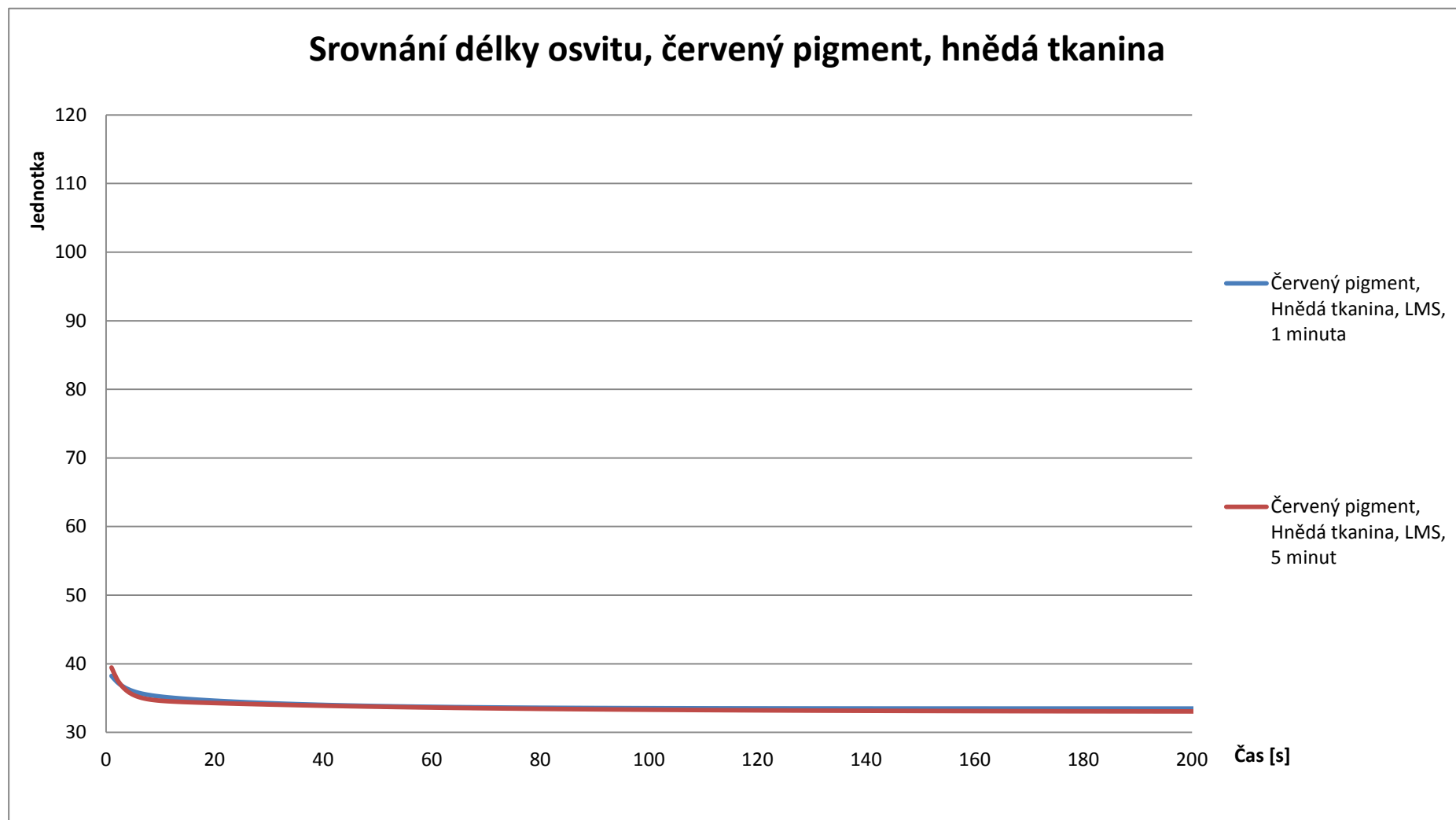
*Graf 41 Graf k tabulce 23*

## Srovnání délky osvitu, supersvítivý pigment, satén



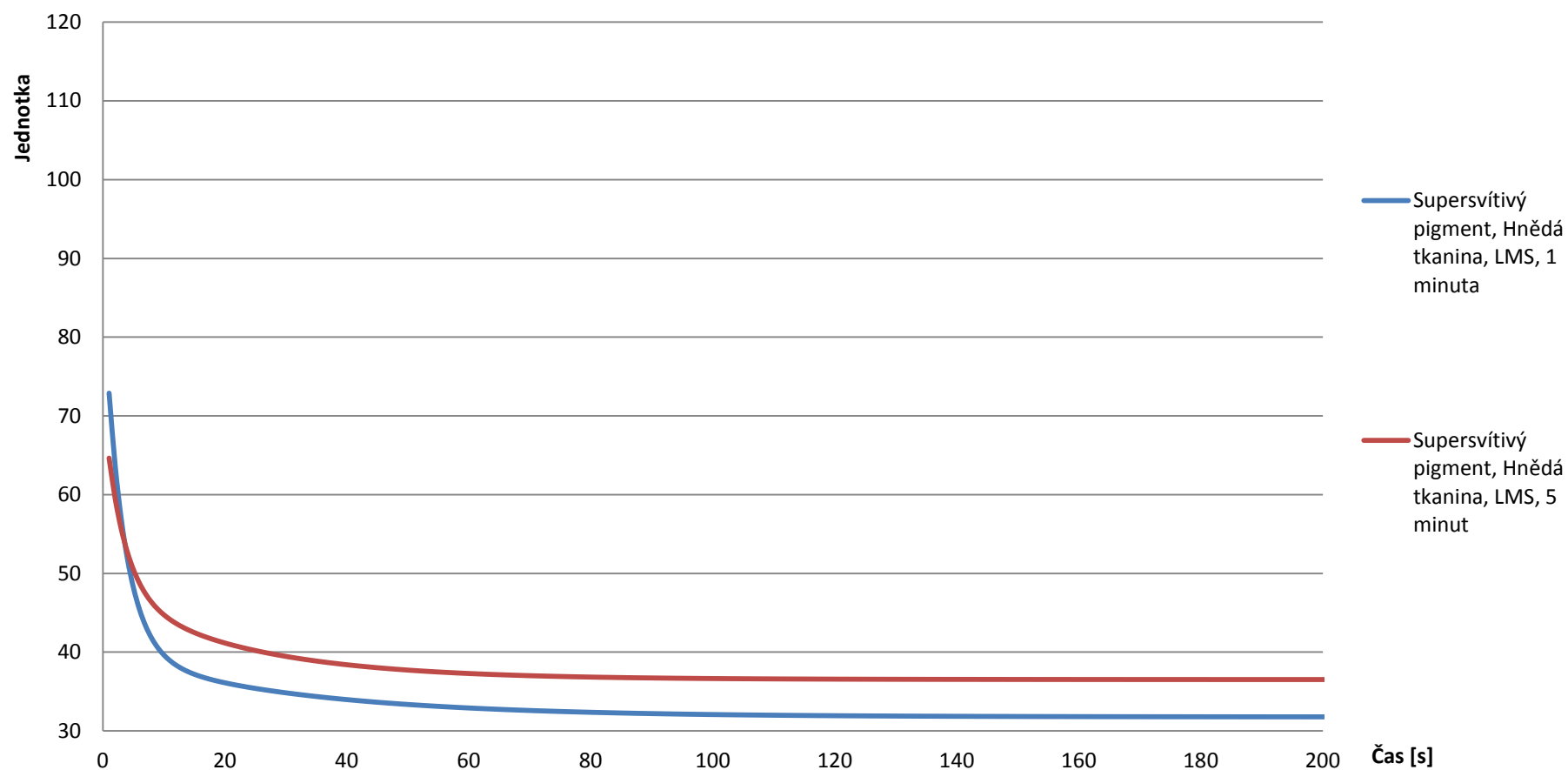
Graf 42 Graf k tabulce 24



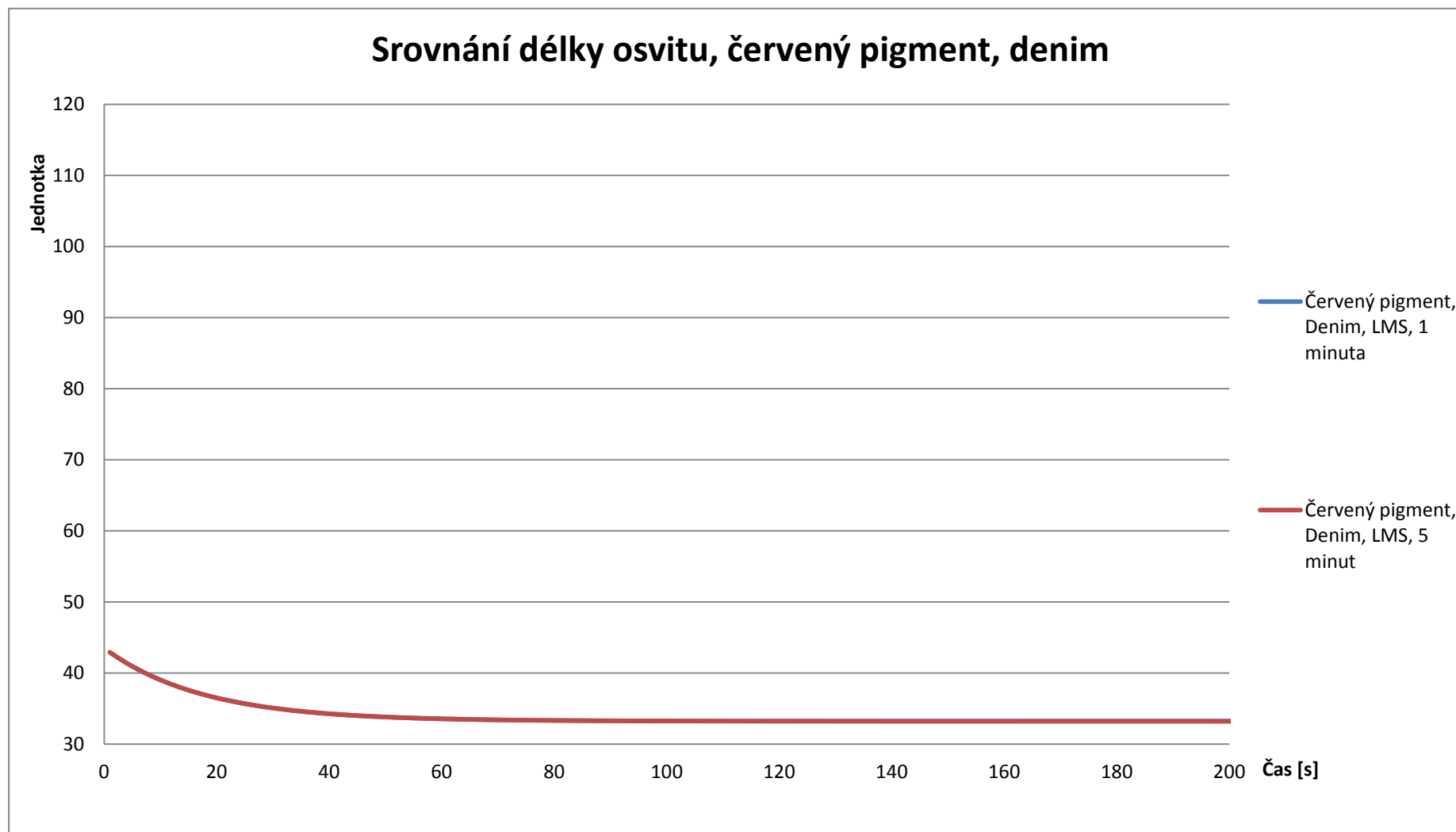


Graf 43 Graf k tabulce 25

## Srovnání délky osvit, supersvítivý pigment, hnědá tkanina

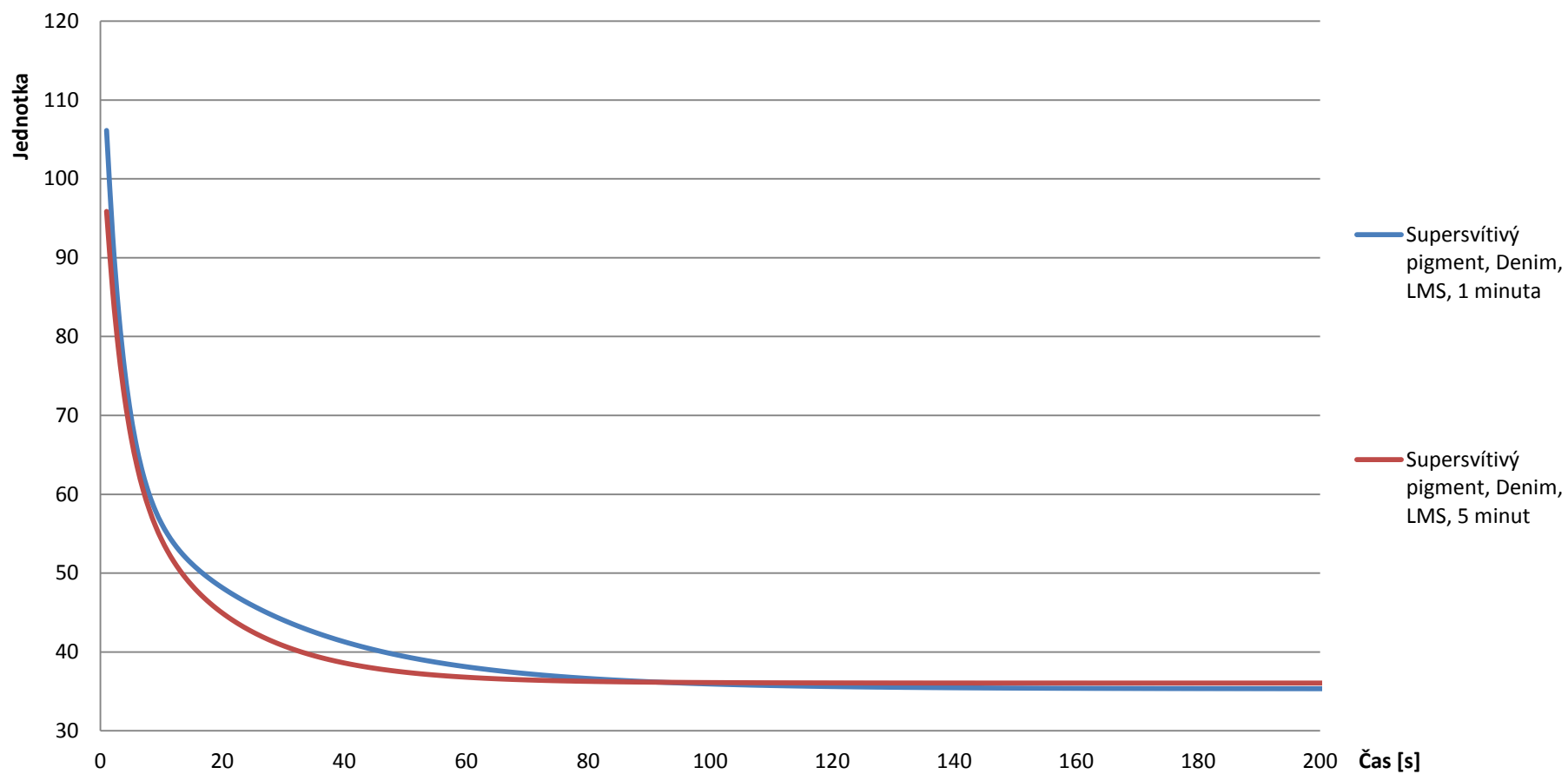


Graf 44 Graf k tabulce 26



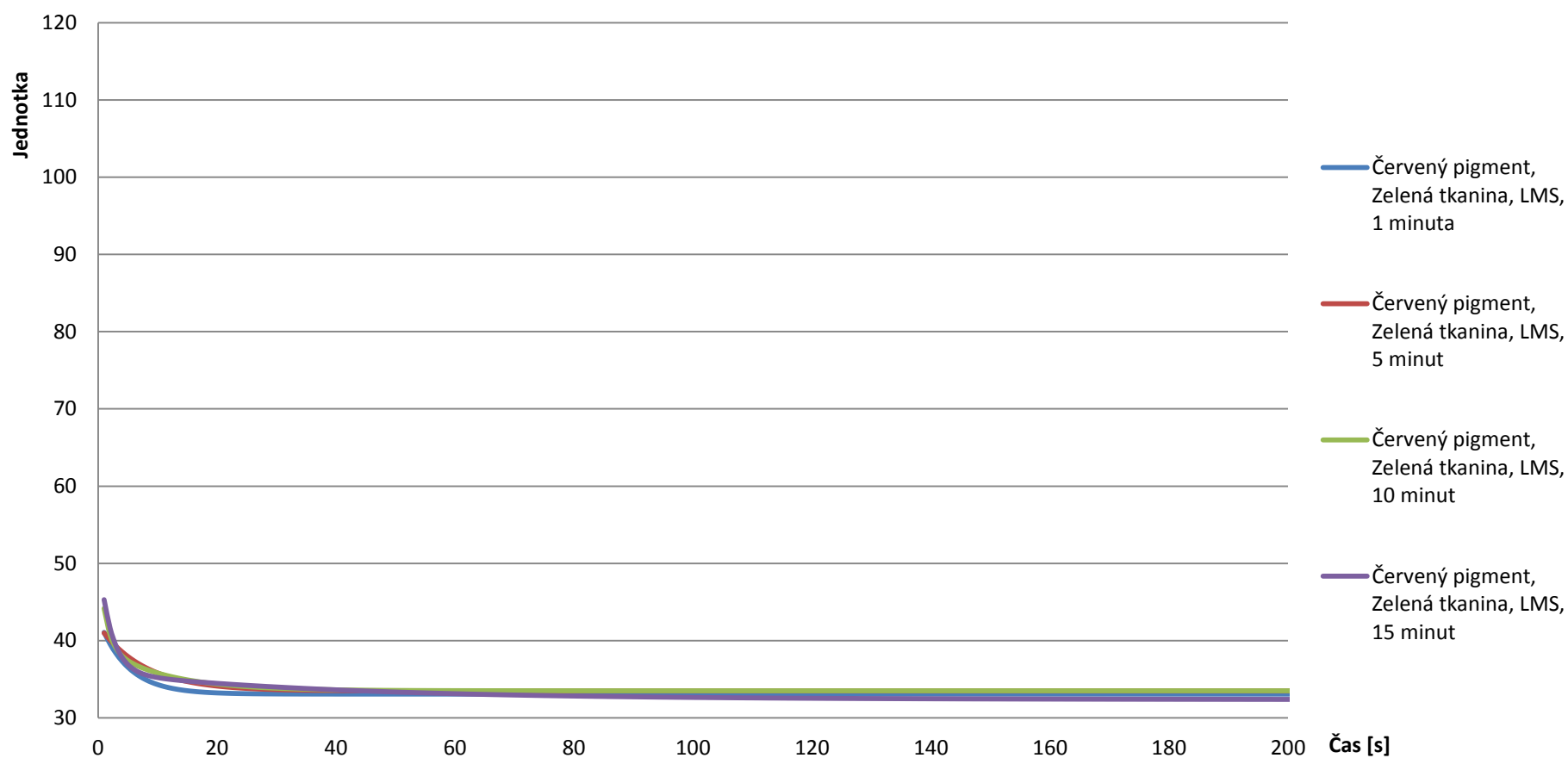
Graf 45 Graf k tabulce 27

## Srovnání délky osvitu, supersvítivý pigment, denim



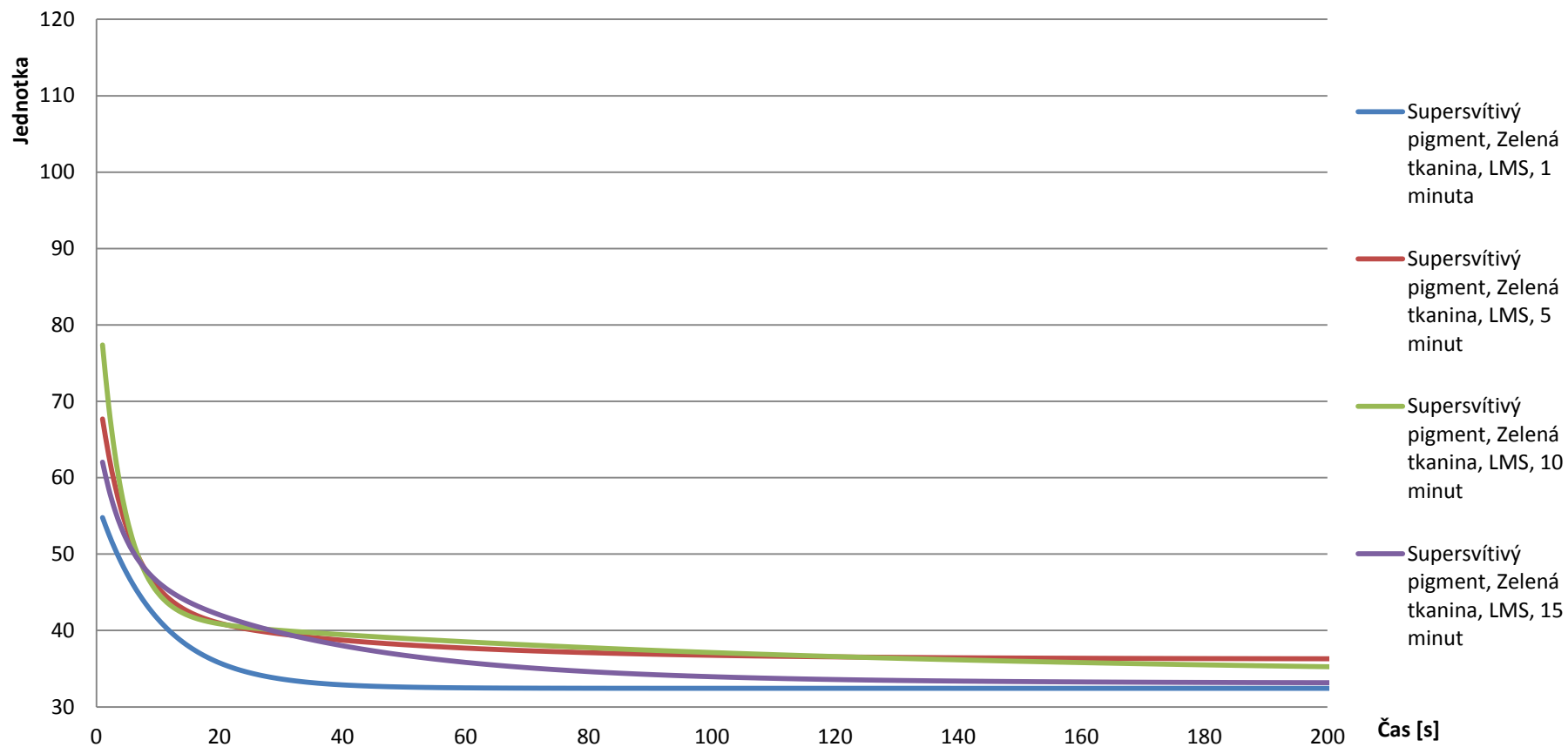
Graf 46 Graf k tabulce 28

## Srovnání osvitů, červený pigment, zelená tkanina



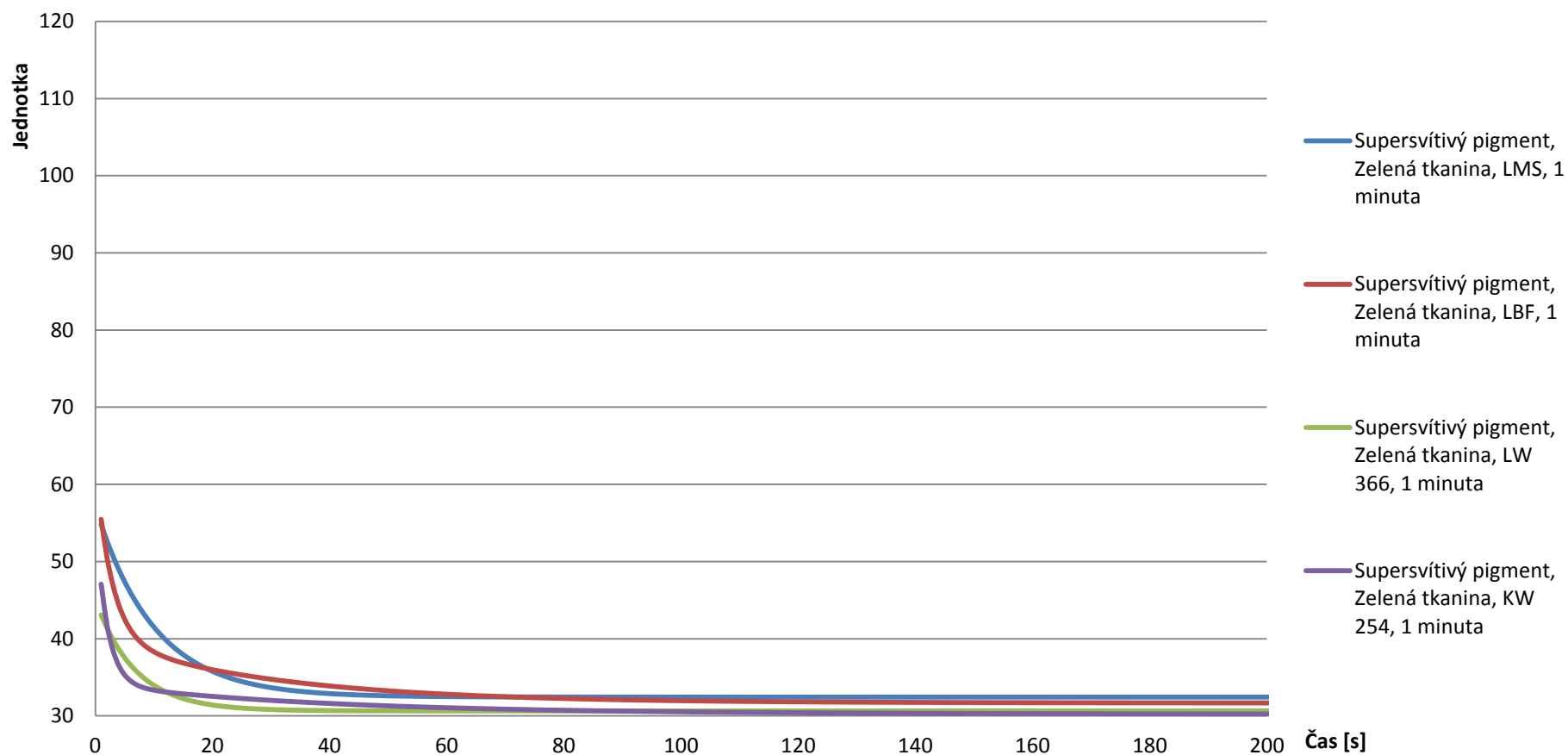
Graf 47 Graf k tabulce 29

## Srovnání délky osvitu, supersvítivý pigment, zelená tkanina



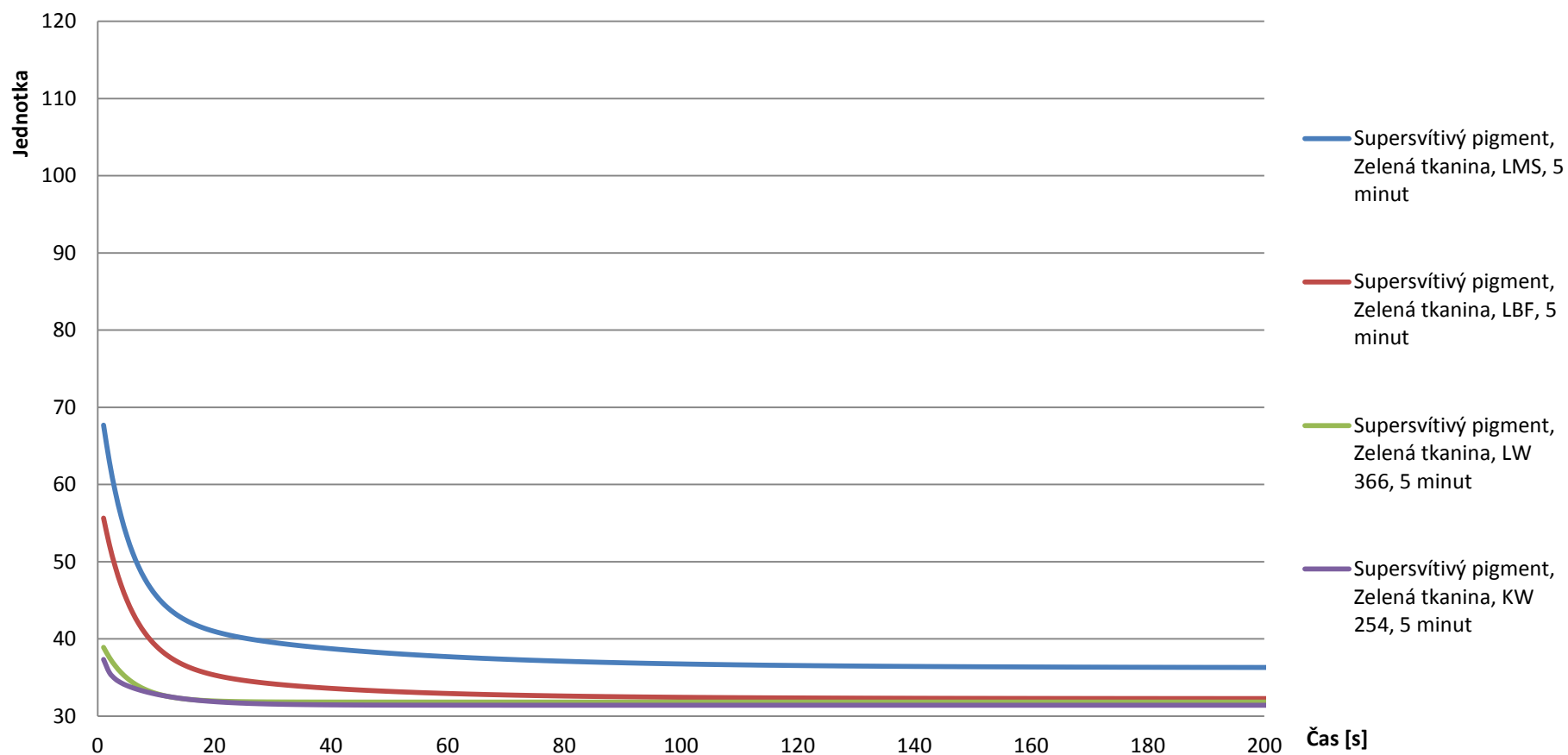
Graf 48 Graf k tabulce 30

## Srovnání druhů osvitů, zelená tkanina, 1minuta



Graf 49 Graf k tabulce 31

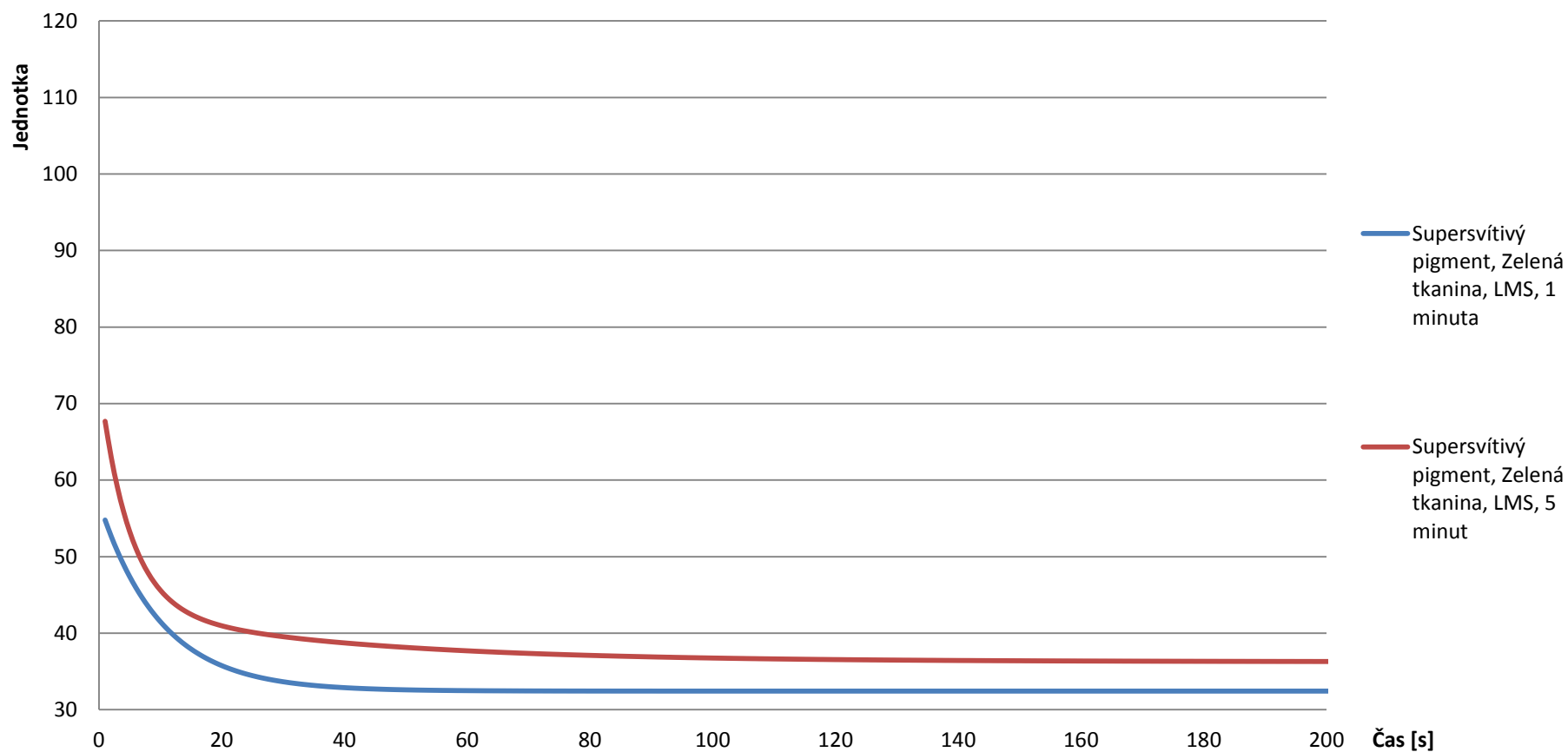
## Srovnání druhů svitů, zelená tkanina, 5minut



Graf 50 Graf k tabulce 32

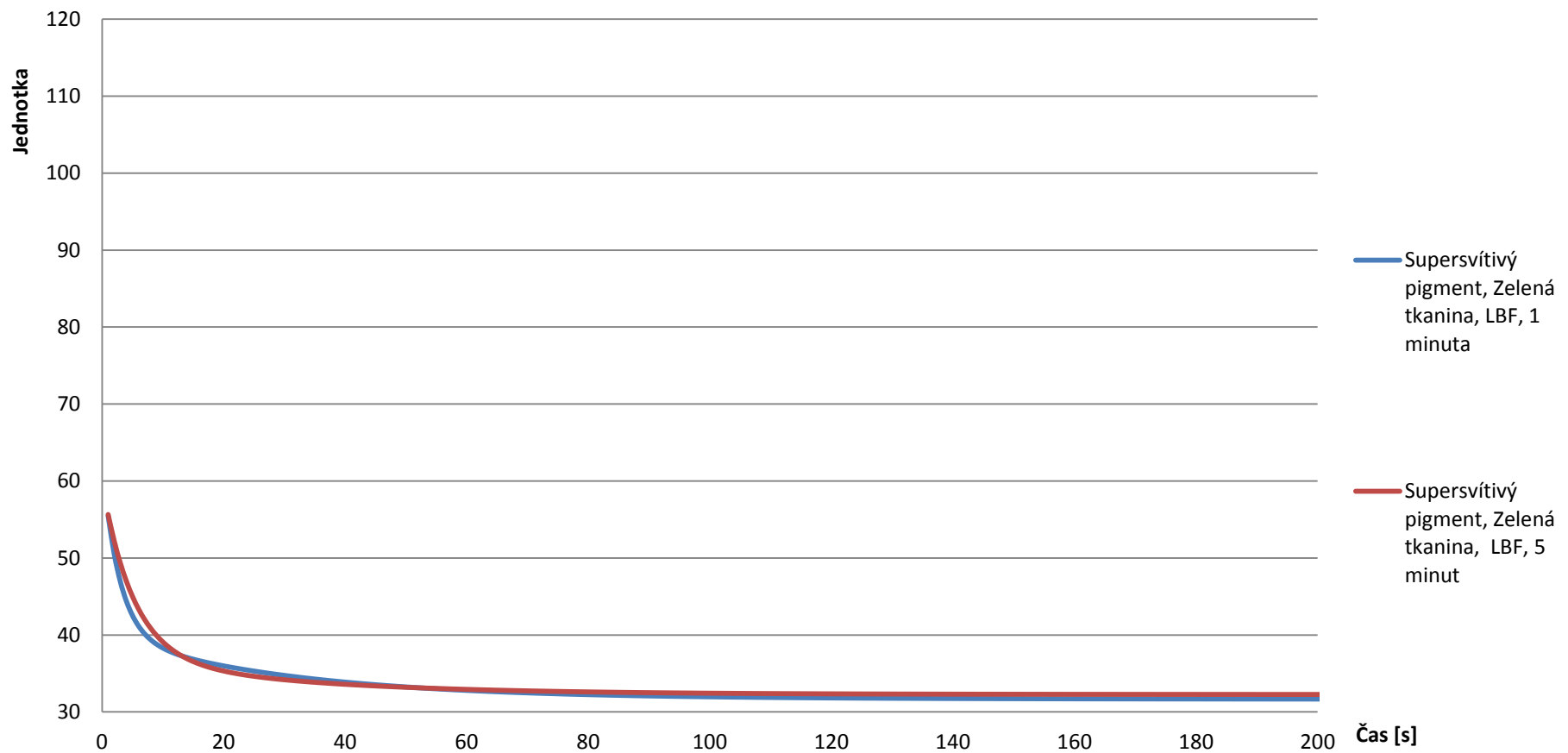


## Srovnání druhů osvitů a délky osvitů, zelená tkanina



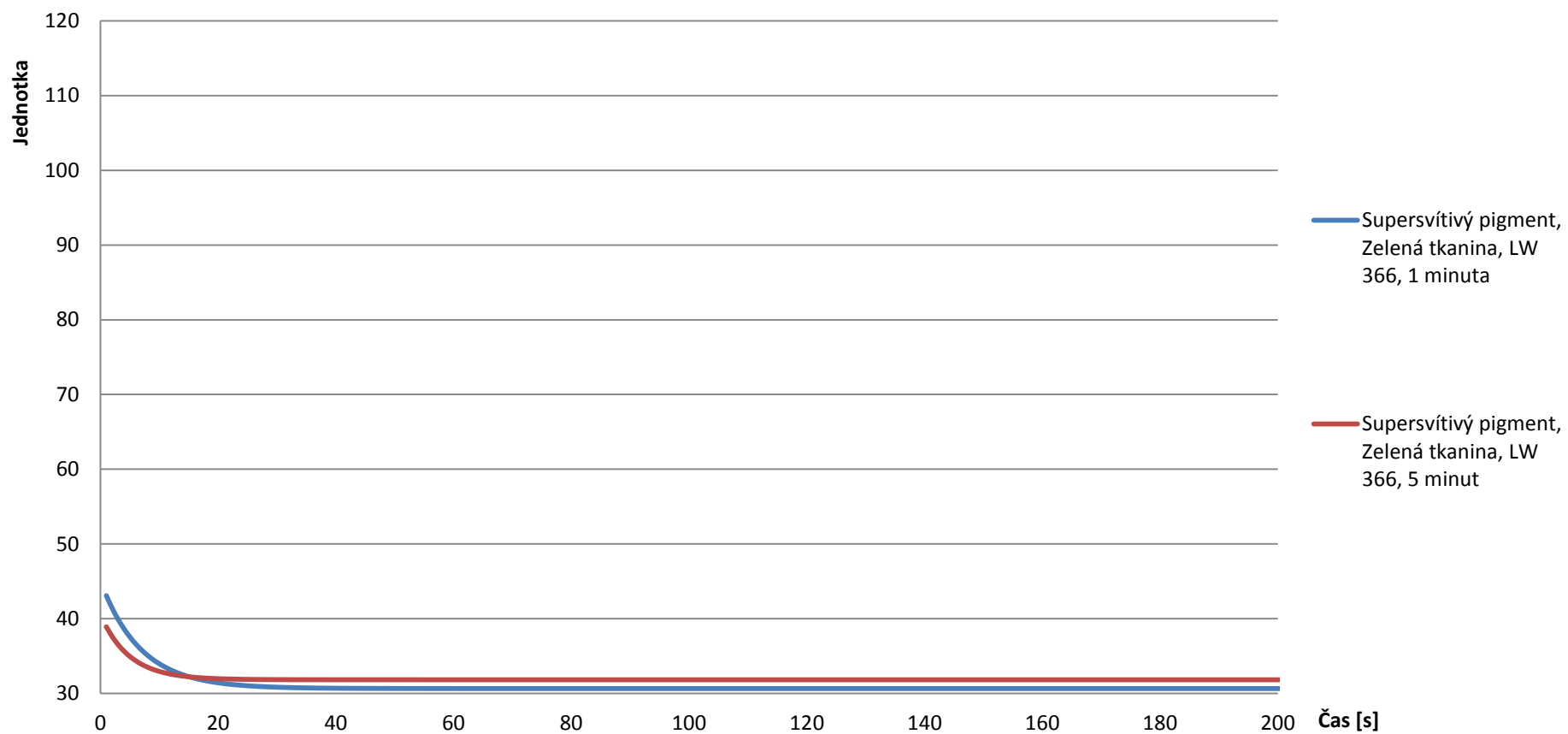
Graf 51 Graf k tabulce 33

## Srovnání druhů osvitů a délek osvitů, zelená tkanina



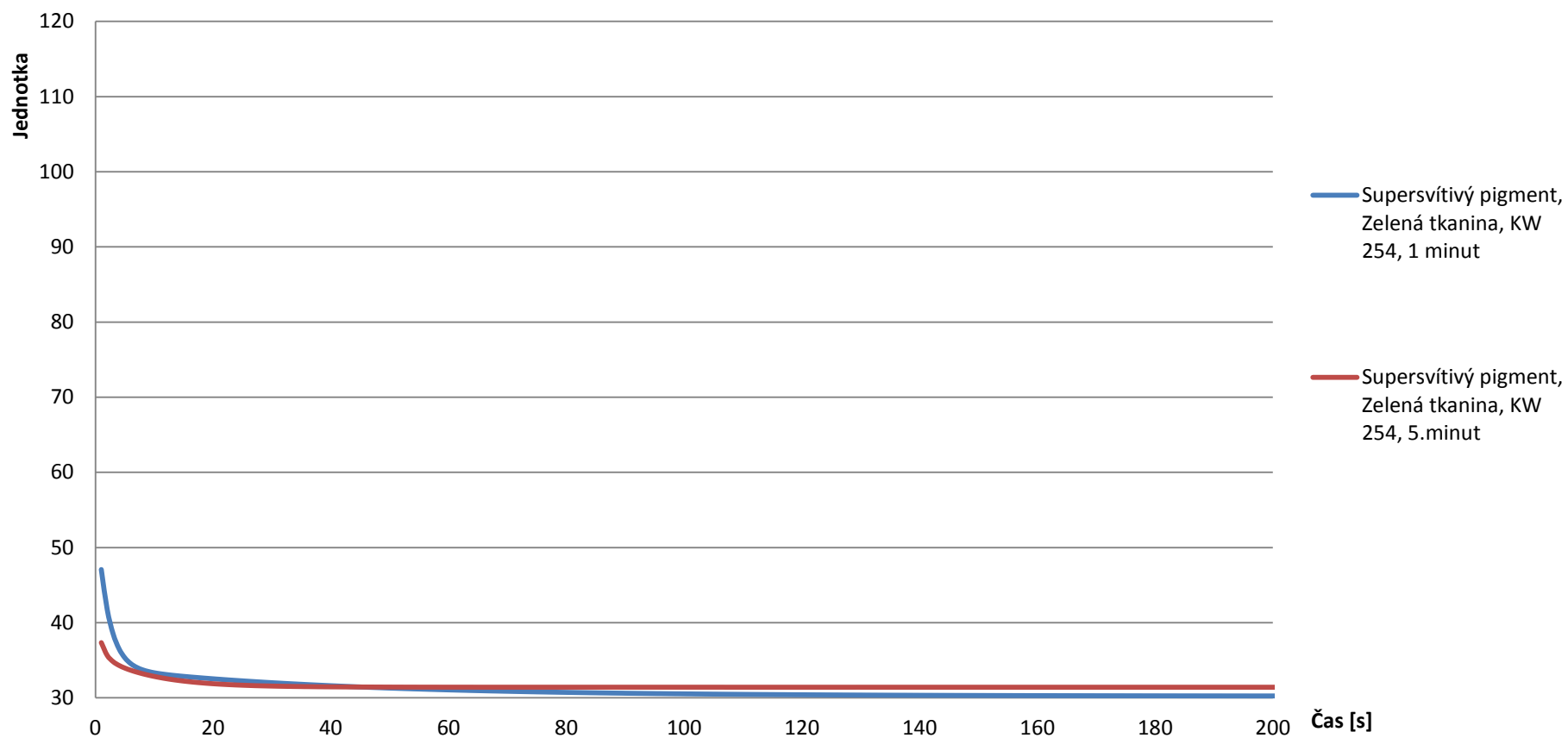
Graf 52 Graf k tabulce 34

## Srovnání druhů osvitů a délek osvitů, zelená tkanina



Graf 53 Graf k tabulce 35

## Srovnání typu osvitů a délky osvitů, zelená tkanina



Graf 54 Graf k tabulce 36